

Litoestratigrafia e Modelo Sedimentar da Bacia do Cuanza (NW de Angola)

Hortênsio Felisberto de Fátima Bondo

Dissertação de Mestrado em Geologia

Departamento de **Geociências, Ambiente**

e **Ordenamento do Território**

Faculdade de **Ciências da Universidade do Porto**

2014

Orientado por:

Professor Doutor Ary Pinto de Jesus

Faculdade de Ciências da Universidade do Porto

Coorientado por:

Professor Doutor Cristina Fernanda Alves Rodrigues

Faculdade de Ciências da Universidade Agostinho Neto

ÍNDICE GERAL

Parte 1 - Texto

Índice de figuras	iv
Índice de tabelas.....	vi
Resumo	vii
Abstract	viii
1 – INTRODUÇÃO	2
1.1 – Metodologia e material utilizado	3
1.2 – Estado da Arte.....	4
1.3 – Localização geográfica e acessos da área de estudo	6
1.4 – Enquadramento da área de estudo na bacia sedimentar	7
1.5 – Clima e vegetação	8
1.6 – Geomorfologia	9
1.7 – Caracterização litoestratigráfica	10
2 – ENQUADRAMENTO GEOLÓGICO REGIONAL E LOCAL	14
2.1 – Principais bacias sedimentares de Angola	14
2.2 – Evolução tectónico-sedimentar da bacia do cuanza	15
2.3 – Subsidência regional	22
2.4 – Estratigrafia da bacia do Cuanza	22
2.5 – Enquadramento geológico local	26
3 - TRABALHO DE CAMPO.....	30
3.1 – Panorâmica geral dos afloramentos	32
3.2 – Descrição dos afloramentos	32
3.2.1 - Afloramento HB4	33
3.2.2 - Afloramento HB5	33
3.2.3 - Afloramento HB6	34
3.2.4 - Afloramento HB7	35
3.2.5 - Afloramento HB3	36
3.2.6 - Afloramento HB10	37
3.2.7 - Afloramento HB16	37
3.2.8 - Afloramento HB15	39
3.2.9 - Afloramento HB19	40
3.2.10 - Afloramento HB12	41
3.2.11 - Afloramento HB11	42
3.2.12 - Afloramento HB22	43

3.2.13 - Afloramento HB21	43
3.2.14 - Afloramento HB2	45
3.2.15 - Afloramento HB3'	46
3.2.16 - Afloramento HB24	48
3.2.17 - Afloramento HB25	49
3.2.18 - Afloramento HB26	50
3.2.19 - Afloramento HB18	51
3.2.20 - Afloramento HB8	52
3.2.21 - Afloramento HB20	52
3.2.22 - Afloramento HB9	54
3.2.23 - Afloramento HB13	55
3.2.24 - Afloramento HB23	56
3.2.25 - Afloramento HB14	57
4 – DADOS DE POÇOS E DE SONDAGENS	59
4.1 – Representação dos poços	60
4.2 – Perfis sedimentológicos dos poços	63
5 – SECÇÕES ESTRATIGRÁFICAS	67
5.1 – Correlação litoestratigráfica	70
5.2 – Coluna litoestratigráfica reconstituída e modelo esquemático	74
6– CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS	79
6.1 – TRABALHOS FUTUROS	80
7 - REFRÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	81

Índice de figuras

Capítulo I	Página
Figura 1.1 - Localização da área de estudo em contexto global	3
Figura 1.2 - Localização geográfica da área de estudo	7
Figura 1.3 – Enquadramento da área de estudo na bacia sedimentar	7
Figura 1.4 - Vegetação típica da zona de estudo	8
Figura 1.5 - Modelo de elevação da área de Cabo Ledo	10
Figura 1.6 - Comissão Internacional de Estratigrafia	11
 Capítulo II	
Figura 2.1 - Principais bacias sedimentares de Angola	14
Figura 2.2 - Fraturação do <i>Gondwana</i>	15
Figura 2.3 - Reconstituição paleogeográfica do Atlântico Sul durante o Cretácico Inferior à Médio, mostrando o controlo deposicional pelas principais feições estruturais da época	16
Figura 2.4 - Esquema representativo da fase “ <i>Pré-rift</i> ”	17
Figura 2.5 - Esquema representativo da fase “ <i>Sin-rift I</i> ”	18
Figura 2.6 - Esquema representativo da fase inicial (a) e final (b) do “ <i>Sin-rift II</i> ”	18
Figura 2.7 - Esquema representativo da fase inicial (a) e final (b) do “ <i>Pós-rift</i> ”	19
Figura 2.8 - Mapa de delimitação das falhas de transferência da bacia do Cuanza e zonas de transferência resultantes	21
Figura 2.9 - Estratigrafia da bacia do Cuanza	25
Figura 2.10 - Carta geológica da bacia do Cuanza	27
Figura 2.11 - Formações da área de estudo de Cabo Ledo	28
 Capítulo III	
Figura 3.1 - Localização geográfica dos afloramentos na carta topográfica	31
Figura 3.2 - Panorâmica geral dos afloramentos da zona de estudo	32
Figura 3.3 - Afloramento HB4	33
Figura 3.4 - Afloramento HB5	34
Figura 3.5 - Afloramento HB6	34
Figura 3.6 - Afloramento HB7 a) argilitos, b) calcários	35
Figura 3.7 - Afloramento HB3	36
Figura 3.8 - Arenito com lâminas de gesso	36
Figura 3.9 - Areia com microconglomerados	36
Figura 3.10 - Afloramento HB10	37
Figura 3.11 - Afloramento HB16	38
Figura 3.12 - Detalhe da base do afloramento HB16 mostrando a forte bioturbação	38
Figura 3.13 - Afloramento HB15	39
Figura 3.14 - Detalhe do afloramento HB15	39
Figura 3.15 - Afloramento HB19	40
Figura 3.16 - Detalhe do afloramento HB19	40
Figura 3.17 - Afloramento HB12	41
Figura 3.18 - Detalhe da base do afloramento HB12 (b)	41
Figura 3.19 - Afloramento HB11	42
Figura 3.20 - Afloramento HB22	43

Figura 3.21 - Afloramento HB21	44
Figura 3.22 - Detalhe do afloramento HB21	44
Figura 3.23 - Afloramento HB 2	45
Figura 3.24 - Detalhe do afloramento HB 2 evidenciando os leitos de gesso	46
Figura 3.25 - Afloramento HB3´	47
Figura 3.26 - Detalhe do afloramento HB 3´evidenciando o gesso	47
Figura 3.27 - Afloramento HB24 mostrando as dolomites brechificadas	48
Figura 3.28 - Afloramento HB25 a) Formação Cabo Ledo b) Formação Quissonde	49
Figura 3.29 - Afloramento HB26	50
Figura 3.30 - Pormenor da imagem anterior, colocando em evidência uma falha normal	50
Figura 3.31 - Afloramento HB18	51
Figura 3.32 - Detalhe do afloramento HB18	51
Figura 3.33 - Afloramento HB8	52
Figura 3.34 - Afloramento HB20	53
Figura 3.35 - Afloramento HB9	54
Figura 3.38 - Detalhe do afloramento HB9 evidenciando as argilas cinzentas na base	54
Figura 3.39 - Afloramento HB13	55
Figura 3.40 - Detalhe do afloramento HB13 evidenciando uma falha	55
Figura 3.41 - Afloramento HB23	56
Figura 3.42 - Detalhe do afloramento HB23 evidenciando as argilas cinzentas	56
Figura 3.43 - Afloramento HB14 evidenciando a continuidade lateral do mesmo	57

Capítulo IV

Figura 4.1 - Mapa de localização dos poços na bacia do Cuanza	61
Figura 4.2 - Coluna estratigráfica genal, modificado de Brognon e Verrier (1966) e Burwood (1999).	62
Figura 4.3 - Perfis sedimentológicos dos poços <i>offshore</i>	63
Figura 4.4 - Perfis sedimentológicos dos poços Galinda, Mongaichi, Pitchi 2 e Tuenza	64
Figura 4.5 - Perfis sedimentológicos dos poços PM G, Cabo Ledo, Cacimbas, e Kula 1	65

Capítulo V

Figura 5.1 - Representação das secções estratigráficas <i>offshore</i> e <i>Z-onshore</i>	68
Figura 5.2 - Representação da secção estratigráfica Z-G	69
Figura 5.3 - Representação da correlação litoestratigráfica referente a secção estratigráfica <i>Z-onshore</i>	71
Figura 5.4 - Representação da correlação litoestratigráfica referente a secção estratigráfica <i>offshore</i>	72
Figura 5.5 - Representação da correlação litoestratigráfica referente a secção estratigráfica Z-G	73
Figura 5.6 - Coluna litoestratigráfica reconstituída do <i>offshore</i>	75
Figura 5.7 - Coluna litoestratigráfica reconstituída do <i>onshore</i>	76
Figura 5.8 - Modelo litoestratigráfico esquemático	77

Índice de tabelas

Capítulo III	Página
Tabela 3.1 - Coordenadas geográfica dos afloramentos estudados	30
Capítulo IV	
Tabela 4.1 - Informações preliminares dos poços	69

Resumo

O presente trabalho insere-se no âmbito do projeto de dissertação de mestrado, e consiste em apresentar um modelo sedimentar genético e evolutivo para a bacia interior do Cuanza localizada no NW de Angola. Os trabalhos de campo foram desenvolvidos na área de Cabo Ledo, e basearam-se no estudo de alguns dos afloramentos presentes na referida área, assim como na respetiva colheita de amostras para estudos petrológicos e sedimentológicos, a fim de se correlacionarem os resultados com as informações presentes na carta geológica da bacia do Cuanza (Total, Sonangol, 1972).

De acordo com os afloramentos estudados e os resultados do estudo das lâminas delgadas, as formações presentes na área de estudo são, da base ao topo, Tuenza Dolomítico, Quissonde, Cabo Ledo, Itombe, Teba, Quifangondo e Luanda-Cacuaco.

Os principais dados utilizados neste trabalho foram dados de poços distribuídos ao longo da bacia do Cuanza, dos quais cinco fazem parte do *offshore* da referida bacia e sete do *onshore*.

Foram elaborados perfis estratigráficos cuja distribuição espacial permitiu reconhecer a arquitetura das principais unidades litoestratigráficas existentes na bacia. Com base nesta informação e respetiva interpretação, efetuaram-se secções estratigráficas quer para a bacia interior como para a bacia exterior. Neste contexto, foi possível estabelecer correlações litoestratigráfica de modo a compreender a evolução sedimentar da área de estudo.

Com base nas espessuras máximas dos intervalos estratigráficos elaboram-se duas colunas litoestratigráficas reconstituídas, uma para a bacia interior e outra para a bacia exterior.

Os resultados obtidos permitiram verificar que a região estudada apresenta uma evolução sedimentar resultante da migração transgressiva de ambientes de *playa*, com passagem a ambientes lagunares na base e até litofácies de mar aberto de baixa profundidade (plataforma mista); para topo, o momento é claramente regressivo desde ambientes lagunares, passando por *playa* e terminando em sedimentação detrítica sub-aérea.

O conjunto sugere a formação de um prisma acrecionário de baixo nível.

Palavras-Chaves: Bacia do Cuanza, Cabo Ledo, unidade litoestratigráfica, registo sedimentológico e estratigráfico, correlação, arquitetura estratigráfica.

Abstract

This work was made in the scope of the Master dissertation, and pretends to present a genetic and evolutionary sedimentary model for the inner Kwanza Basin located in the NW of Angola. The field work was developed in the area of Cabo Ledo, and based on the study of some of the outcrops present in that area as well as in the respective samples for petrological and sedimentological studies in order to correlate the results with the information present in geological map of the Cuanza basin (Total, Sonangol, 1972).

According to the outcrops studied and the results of the study of thin sections, the formations present in the study area are, from bottom to top, Tuenza Dolomitic, Quissonde, Cabo Ledo, Itombe, Teba, Quifangondo Luanda and Cacucaco.

The main data used in this study were well data distributed along the Kwanza basin, of which five are part of the basin offshore and seven from the onshore.

Stratigraphic profiles were developed and related spatial distribution allowed us to recognize the existing architecture of the main lithostratigraphic units in the basin. Based on this information stratigraphic interpretation and basin architecture style was made to the inner and to the outer parts of the basin. In this context, it was possible to establish lithostratigraphic correlations in order to understand the sedimentary evolution of the study area.

Based on the maximum thickness of the stratigraphic records are two reconstructed lithostratigraphic columns were elaborated, one for the inner part of the basin and one for the outer part.

The results obtained showed that the studied region presents at the bottom of the studied sequence a transgressive sedimentary evolution resulting from the migration of sabkha environments, passing through lagoon environments and ending in open marine shallow water (mixed platform); to top, the record is clearly regressive since lagoon environments, through playa lake environments and ending in sub-aerial detrital sedimentation.

The global set suggests the formation of a low level standing track.

Key-words: Cuanza Basin, Cabo Ledo, lithostratigraphic unit, sedimentological and stratigraphic record, correlation, stratigraphic architecture

Agradecimentos

A Deus, o grande Arquiteto do Universo, por me ter concedido a vida e a força necessária para a realização deste trabalho.

Aos meus pais, Prof. Doutor Pedro Felisberto Miguel Bondo e Prof.^a Doutora Maria de Fátima pelo apoio incondicional e exemplo de vida, aos meus irmãos por estarem sempre do meu lado.

A elaboração e execução desta dissertação tornou-se possível com os grandes ensinamentos de Geologia sedimentar através do Prof. Doutor Ary Pinto de Jesus, a quem agradeço a confiança depositada em aceitar a orientação desta dissertação, foi muito agradável ter esta oportunidade, pois agora vejo a Geologia com olhos de ver e gostaria de desenvolver outras aptidões num futuro projeto de Doutoramento com a mesma linha de pensamento crítico-construtivo do professor Ary.

Agradeço desde logo, à Prof.^a. Doutora Cristina Rodrigues que não hesitou em coorientar o referido projeto e ter-me acompanhado durante os trabalhos desenvolvidos no campo sugerindo aspetos que foram relevantes para compreensão da geologia da região de Cabo Ledo.

Quero aqui agradecer aos professores do Departamento de Geociências, Ambiente e Ordenamento do Território por contribuírem significativamente nesta minha fase de formação. Ao Prof. Doutor António Guerner por me ter ajudado no processo de busca de conhecimentos necessários para desenvolver outros projetos não relacionados a geologia como tal.

Especialmente agradeço aos professores da Faculdade de Ciências do Departamento de Geologia da Universidade Agostinho Neto, nomeadamente, Prof. Doutor Pedro Nsugani e Prof. Doutor Cirilo Cauxeiro por me terem sugerido material bibliográfico imprescindível para a concretização desta dissertação.

Agradeço finalmente ao Tenente Coronel Elias Tchionga (Lili) por ceder um espaço para a minha estadia na região de Cabo Ledo para que pudesse efetivamente evitar viagens cansativas de Luanda Cabo Ledo e vice-versa.

Ao meu querido filho

Horácio Felisberto Ernesto Bondo,

Es o motor que faz bater o meu coração.

CAPÍTULO I

INTRODUÇÃO

1 – INTRODUÇÃO

O presente trabalho insere-se no programa de Mestrado em Geologia, e tem como tema “Litoestratigrafia e Modelo Sedimentar da Bacia do Cuanza (NW de Angola)”.

Esta dissertação é parte fundamental dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Geologia pela Faculdade de Ciências da Universidade do Porto. Os trabalhos desenvolvidos tiveram a orientação do Prof. Doutor Ary Pinto de Jesus do Departamento de Geociências, Ambiente e Ordenamento do Território da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto e coorientação da Prof.^a Doutora Cristina Fernanda Alves Rodrigues do Departamento de Geologia da Universidade Agostinho Neto.

O principal objetivo deste trabalho é o de rever a litoestratigrafia e propor um modelo geológico-estrutural para a bacia do Cuanza. Com esse objetivo, serão discutidos e integrados resultados obtidos a partir da amostragem que efetuamos em afloramentos que reconhecemos no terreno e na análise de coluna estratigráfica de poços e sondagens. Neste contexto, traçaram-se os seguintes objetivos específicos:

- a) Efetuar cartografia geológica na área de Cabo Ledo;
- b) Estudar petrográfica e petrologicamente a amostragem;
- c) Construir colunas de sondagem e as respetivas secções;
- d) Proceder a correlações litoestratigráficas.

Os trabalhos de campo foram realizados nos meses de Dezembro 2013 e Janeiro 2014 com o objetivo de atribuir e validar as formações presentes na área de estudo com base na carta geológica da bacia do Cuanza (Total & Sonangol, 1972).

Assim, o mesmo baseou-se em levantamento de dados de campo a partir de estudos e interpretação de alguns afloramentos situados ao longo da margem costeira da zona de Cabo Ledo e outros mais para o interior da bacia.

Antes de entrar na análise detalhada da região de estudo (Luanda, Cabo Ledo), faz-se aqui uma breve descrição genérica sobre o país (Angola) em que se localiza a área objeto desta Dissertação de Mestrado, destacando alguns aspetos relativos à sua localização.

Assim, a República de Angola situa-se na costa ocidental de África, a Sul do equador, entre os paralelos 4º 22' e 18º 02' Sul; tem uma área de 1.246.700 km² e 1.650 km de linha de costa (Figura 1). A longitude da sua fronteira terrestre é de 4.837 km, limitada a Norte com a República Democrática do Congo (*Kinshasa*) e Congo (*Brazaville*), a Este com a Zâmbia e a Sul com a Namíbia. Administrativamente Angola divide-se em 18 Províncias, sendo Luanda a capital do país.

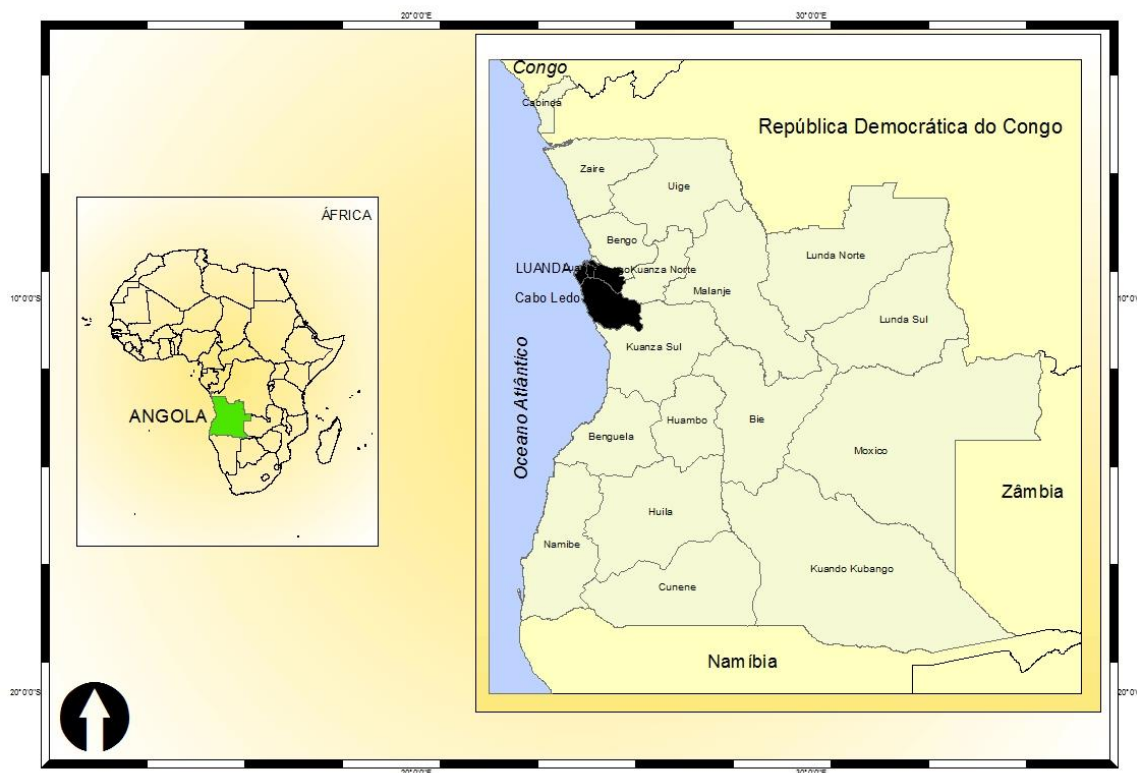


Figura 1.1 - Localização da área de estudo em contexto global (Diva Gis, 2013).

1.1 – Metodologia e material utilizado

Os procedimentos desenvolvidos neste trabalho envolveram três etapas, ou seja, uma teórica, uma prática e outra para a elaboração do referido relatório. Inicialmente foi realizada, na fase teórica, uma consulta da bibliografia existente relativamente os trabalhos realizados na bacia do Cuanza. Dentro deste contexto foram encontrados uma série de trabalhos ligados a empresas de prospeção e exploração de petróleo e de gás. Alguns desses trabalhos constituíram a base para o confronto de dados em relação àqueles que foram obtidos nos estudos realizados no campo em ligação com o Departamento de Geologia da Universidade Agostinho Neto.

Após a integração e análise dos dados bibliográficos, deu-se início à segunda fase que foi inteiramente dedicada aos trabalhos de levantamento geológico em campo.

Levantamento de campo

Na orientação e localização dos afloramentos utilizaram-se os seguintes recursos:

- a) Carta geológica da bacia do Cuanza à escala 1/250000 Total & Sonangol, 1972.
- b) Carta topográfica da região de Luanda folha 125 à escala 1/100000 IGCA, 1981.
- c) Martelo de geólogo, bússola, GPS, ácido clorídrico, sacos plásticos, canetas.

Mapas e processamento de dados

O processamento de texto, de imagens, fotografias, desenhos e esquemas decorreu em computador PC. Os desenhos e esquemas foram realizados através do *Corel Paint Shop Pro* e do *CorelDRAW 12*; a confeção dos mapas e o posicionamento dos poços e sondagens foram executados recorrendo ao *ArcMap 10.2*, tendo a localização geográfica dos afloramentos estudados sido posicionada no *Google Earth*, e, finalmente, o tratamento das fotografias foram executadas recorrendo ao *ArcSoft Panorama Maker 4*.

Amostragem

No decorrer dos trabalhos de campo foi utilizado um GPS para a localização das estações. Foi elaborado um arquivo de fichas de toda a amostragem que posteriormente foi organizado em metadados, tendo-se procedido à seleção de algumas, representativas das diversas formações amostradas, para a execução de lâminas delgadas.

Estudo petrográfico

Foi efetuado com recurso ao microscópio ótico de luz transmitida sobre lâminas delgadas executadas no laboratório de preparação de lâminas do Departamento de Geociências, Ambiente e Ordenamento do Território da FCUP.

Dados de poços

Estes dados foram, sem dúvida, fundamentais para esta dissertação, tendo a integração dos mesmos sido baseada na organização e interpretação minuciosa de vários relatórios de sondagens. Esses relatórios possibilitaram, por um lado, elaborar o mapa de amostragem a partir das coordenadas geográficas de cada poço e, por outro lado, permitiram elaborar perfis estratigráficos de cada poço.

Finalmente a elaboração da dissertação só foi possível graças à correlação interpretativa desse conjunto de dados.

1.2 – Estado da Arte

Os primeiros trabalhos realizados na bacia do Cuanza foram efetuados pela empresa de Serviços Petrolíferos de Angola (Petrofina, 1981/82). Reportando-nos a região de Cabo Ledo, é incontornável a referência de algumas publicações de (Brognon & Varries, 1955) que contribui no conhecimento da geologia desta região. Mais tarde estes autores efetuaram os primeiros trabalhos de cartografia geológica cujo resultado foi a carta geológica da bacia do Cuanza à escala 1/250 000 (Brognon & Varries, 1966).

Após muitos trabalhos de cartografia geológica, as empresas de Pesquisa e Produção de Petróleo nomeadamente Sonangol e Total elaboraram, a partir dos trabalhos referidos anteriormente, a atual carta geológica da bacia do Cuanza em 1987.

Tendo-se criado a base geológica da bacia do Cuanza, abriram-se portas para que outros autores efetuassem trabalhos ao longo da própria bacia. Assim, a série sedimentar que se apoia sobre o substrato cristalino, está descrita em vários trabalhos de carácter geral, como os de Brognon & Varries (1955), Schlumberger (1991), Morais *et al* (2000), Miguel *et al* (2003).

Assim, Brognon & Varries (1966) no pioneiro relatório sobre Geologia e Petróleo na Bacia do Cuanza e com base nos poços perfurados em Cabo Ledo e Cacimbas afirmam que por baixo da formação Binga foram encontradas várias centenas de metros de calcarenito bioclásticos e oolíticos associados a calcários algáceos e corais rodeados por anidrite. Estes depósitos correspondem a Formação Quianga, que é em parte um equivalente lateral da Formação Sal Maçico.

Estes autores com base na história geológica da bacia do Cuanza concluem que a acumulação comercial de petróleo nos estratos supra-cretácicos e terciários não é, para já, conhecida. Todavia, as espessas sequências argilo-arenosas associadas geneticamente a zonas de falha, e depositadas em ambientes transicionais, têm potencial produtivo.

Mcmillan & Fourie (1996 -1999) efetuaram trabalhos de bioestratigrafia ao longo da costa da bacia do Cuanza, e concluíram que de norte para sul da bacia, os sedimentos apresentam idades que vão do Cretácico ao Quaternário.

Andrade *et al.* (1998) afirmam a existência de uma unidade litoestratigráfica, a “Formação Areias Cinzentas” de escassa continuidade na região da bacia do Cuanza, estratigraficamente localizada sob a Formação Quelo. Estes autores afirmam que a Formação Areias Cinzentas é de idade Pleistocénica.

Hudec & Jackson (2002) num relatório sobre a segmentação estrutural, inversão e tectónica na bacia do Cuanza defendem que a bacia do Cuanza atravessou desde o *rifting*, três episódios distintos de encurtamento motivado por processos tectónicos do substrato, entretanto, afirmam que o que determinou e conduziu esse processo de deformação foi a reativação de zonas de falhas de transferência, que se formaram durante a fraturação do Gondwana e abertura inicial do Atlântico sul, no Cretácico Inferior.

Hudec & Jackson (2004) com base em estudos sísmicos, afirmam que a tectónica provocada pelo sal (diapiro) na bacia do Cuanza, tem um papel crucial no desenvolvimento de importantes jazigos petrolíferos. Estes autores concluem que o desequilíbrio na distribuição de sedimentos salíferos deve, necessariamente, estar relacionado com a elevação do substrato sob a bacia do Cuanza.

Brownfiel & Charpentier (2006) num trabalho sobre Geologia e Sistema Petrolífero Total ao longo da costa equatorial e subequatorial africana corroboram com Brognon & Varries, 1966 no que se refere à litoestratigrafia da bacia do Cuanza.

Estes autores fazem referência a unidade litoestratigráfica, (Formação Quianga), reafirmando que corresponde a carbonatos, ou seja calcarenitos, dolomite e anidrite localizados sobre a zona alta de Cabo Ledo-Longa. Os autores reafirmam ainda que esta Formação é de idade Aptiana.

Milane e Davidson (1988), Rosendahl *et al.* (1992) e Morley *et al.* (1990), descrevem as zonas de falhas transversas ou de transferência como estruturas típicas das bacias de rifte constituídas por zonas vulneráveis do substrato oblíquas ao rifte, e subparalelas à direção de abertura. O *horst* vulcânico e do substrato de Cado Ledo, orientado NW-SE, é a principal estrutura que separa a parte costeira da parte marinha atlântica da bacia do Cuanza, e que marca a linha de junta atlântica, tal como referiram Karner e Driscoll (1999) e Hudec e Jackson (2002).

Marton *et al.*, 2000 corroboram com Lunde *et al.*, 1992, afirmando que o período pós Oligoceno foi dominado pelas circunstâncias decorrentes do abaixamento do nível do mar e de condições climáticas glaciais.

Viola *et al.*, 2005, afirmam que a interpretação que as principais tensões orientadas de E-W a NE, associadas a falhas de cavalgamento ou deslizamento, restringem-se aos setores orientais de Angola, ao passo que as tensões horizontais alinhadas a NNO causadoras de falha normal, estão localizadas na zona SW de Angola.

Guiraud *et al.* (2010) analisaram com base nos dados tectónicos, sedimentares e subsuperficiais, em conjunto com dados relativos a anomalias de gravidade a segmentação e elevação pós rifte da margem litoral de Angola, e afirmam que, variações na intensidade da elevação do pós rifte foram revelados pelo estudo de um conjunto de marcadores geomórficos, detetados na sequência pós rifte do litoral das bacias do Cuanza e Benguela nomeadamente, paleodeltas elevados do Cretácico Superior – Cenozóico, discordâncias erosivas, paleovales, terraços marinhos do Quaternário.

Estes autores concluíram que a margem passiva fraturada de Angola é muito segmentada, em escalas que vão de 200 aos 400 km. Os rios atuais funcionam como condutas de sistemas de drenagem que penetram na margem de Angola. Estes (Cuanza, Longa e Cuvo) estão localizados ao longo de zonas de falhas de transferência.

1.3 – Localização geográfica e acessos da área de estudo

A área de estudo localiza-se em Angola, em Luanda no município da Quissama, (Figura 1.2) mais concretamente ao longo da margem costeira da comuna de Cabo Ledo, embora foram efetuados levantamentos em alguns afloramentos localizados no interior da zona de estudo.

O acesso à zona de Cabo Ledo faz-se através da estrada nacional que liga a capital Luanda, e a Província do Cuanza Sul. No entanto, as condições de acessibilidade são muito difíceis dado que este acesso se faz um desvio em estrada terraplana em que o acesso se torna muito difícil devido a natureza do próprio solo que é argiloso, e que na época chuvosa se torna praticamente inacessível.

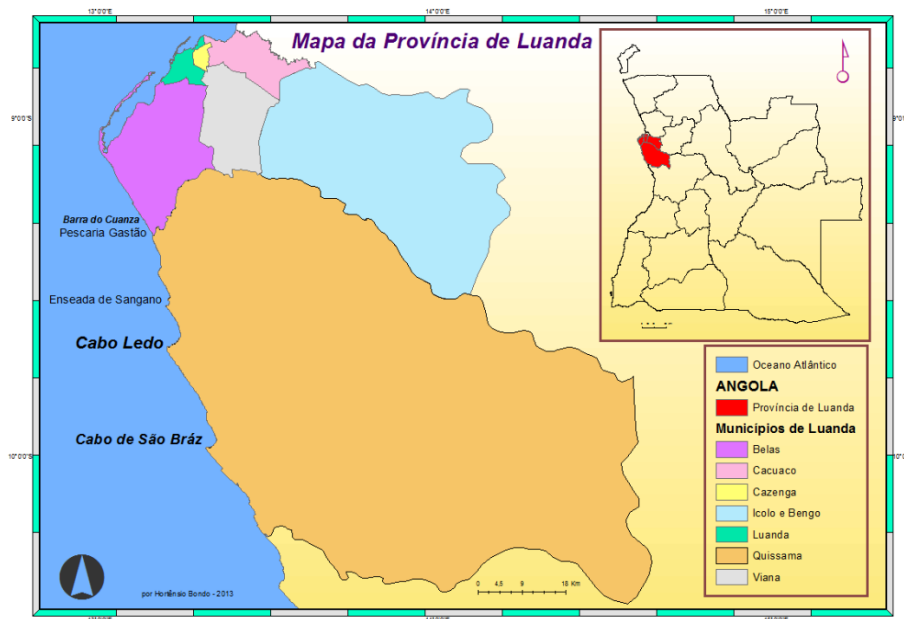


Figura 1.2 – Localização geográfica da área de estudo (Diva Gis, 2013).

1.4 – Enquadramento da área de estudo na bacia sedimentar

A zona de Cabo Ledo enquadra-se na bacia sedimentar do Cuanza, esta estende-se ao longo de aproximadamente 300 km na costa ocidental de Angola entre os 8º e os 13º de latitude Sul.

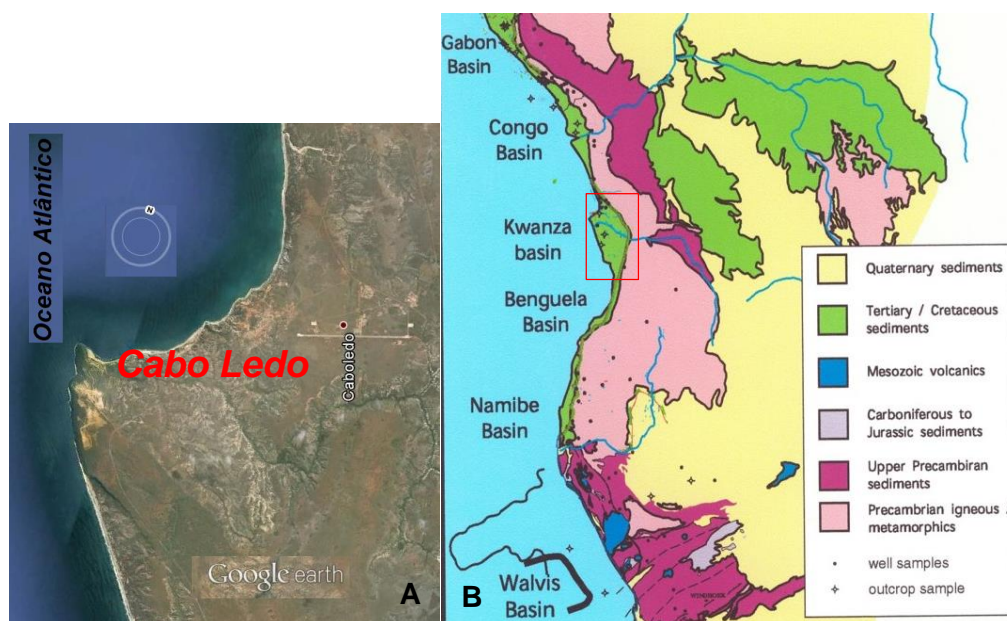


Figura 1.3 - Enquadramento da área de estudo na bacia do Cuanza (Google earth (A))
(in: Total E.P 2003 (B))

1.5 – Clima e vegetação

A Província de Luanda onde se insere a área de estudo, é caracterizada por um clima tropical quente e seco.

As temperaturas médias anuais variam de 24°C a 25°C, em que o pico máximo de temperaturas verificam-se nos meses de Março e Abril atingindo valores na ordem dos 29°C a 31°C. Os meses mais frios são Junho, Julho e Agosto. Devido à grande evaporação das águas do mar, da latitude, assim como à influência da corrente fria de Benguela, a humidade relativa na capital é pouco variável e muito elevada apresentando uma média que oscila dos 80%-81%. Para a Província de Luanda os valores de precipitação situam-se entre os 350-400 mm/ano, tendo valor médio de 367 mm/ano. (Sicato *et al.*, 2007).

Relativamente a vegetação, a área de estudo é caracterizada por vegetação pouco densa do tipo savana, constituída por matebeiras (*Hyphaene Gossweir*), cajueiros (*Anacardium Occidental*) em algumas zonas verifica-se alguns embondeiros (*Adansonia Digitata*), (Miguel 2002).



Figura 1.4 - Vegetação típica da zona de estudo

1.6 – Geomorfologia

A área de estudo apresenta uma morfologia bastante monótona caracterizada por extensas zonas aplanadas e vales profundos, alguns com vertentes suaves de acordo com as características das formações atravessadas, o que permite a formação de linhas de água de regime intermitente. Foi ainda possível identificar formações cársicas com falésias, e terraços fluviais, fluviomarinhos e marinhos de cotas variáveis ao longo da costa de Cabo Ledo.

Em consequência dos processos de erosão/deposição, provocados pela ação fluvial, originaram assim os terraços fluviais, de igual modo, foi possível identificar terraços marinhos que também se formaram em consequência dos processos de erosão/deposição. Logicamente que a combinação destes dois processos permitiu a formação de outro tipo de terraço identificado na área de estudo designadamente terraço fluviomarinho (*António et al., 2004*).

Foi ainda possível fazer uma análise da área de estudo a partir do modelo de elevação do terreno (Figura 4) através de imagens SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*), os valores altimétricos variam dos 0-180 metros.

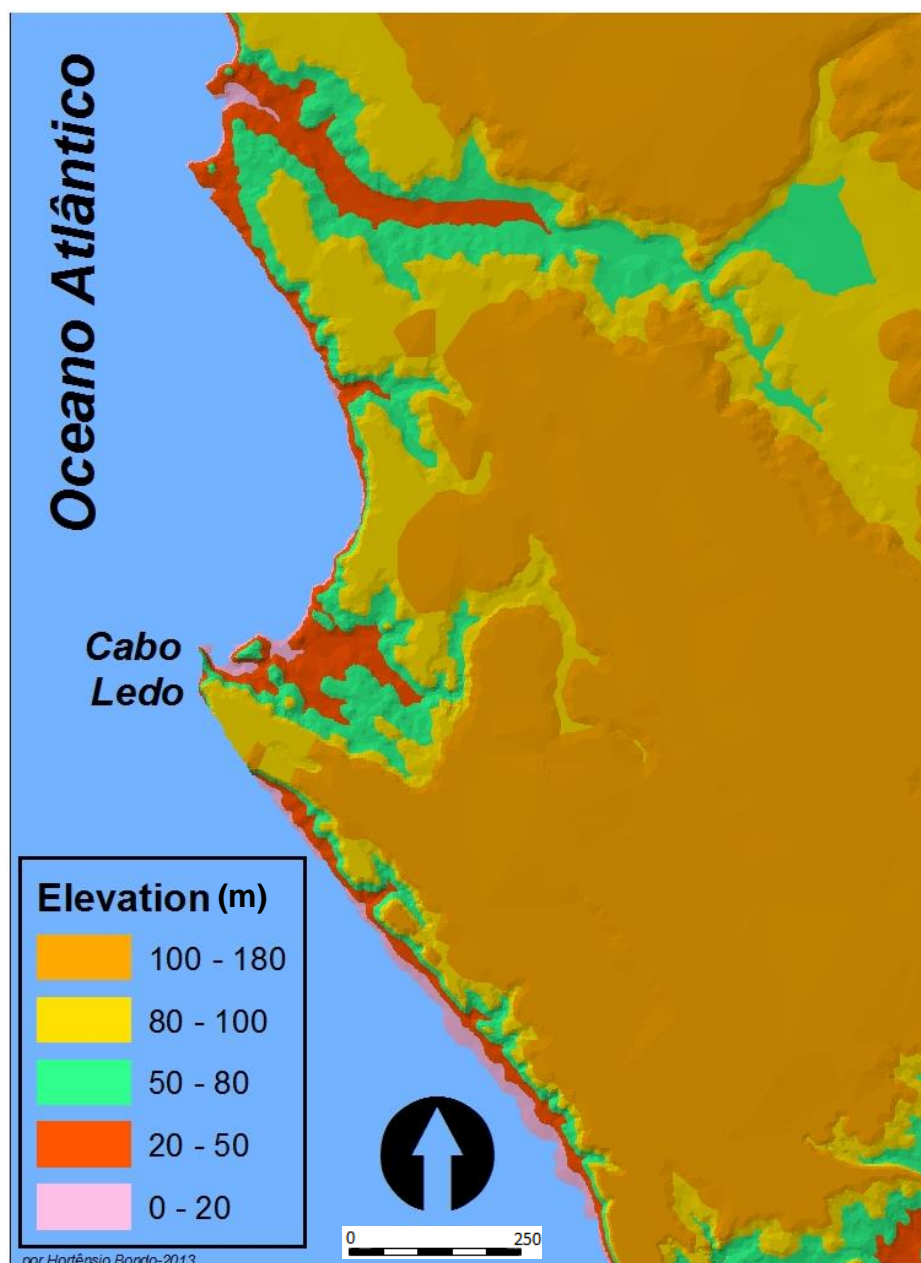


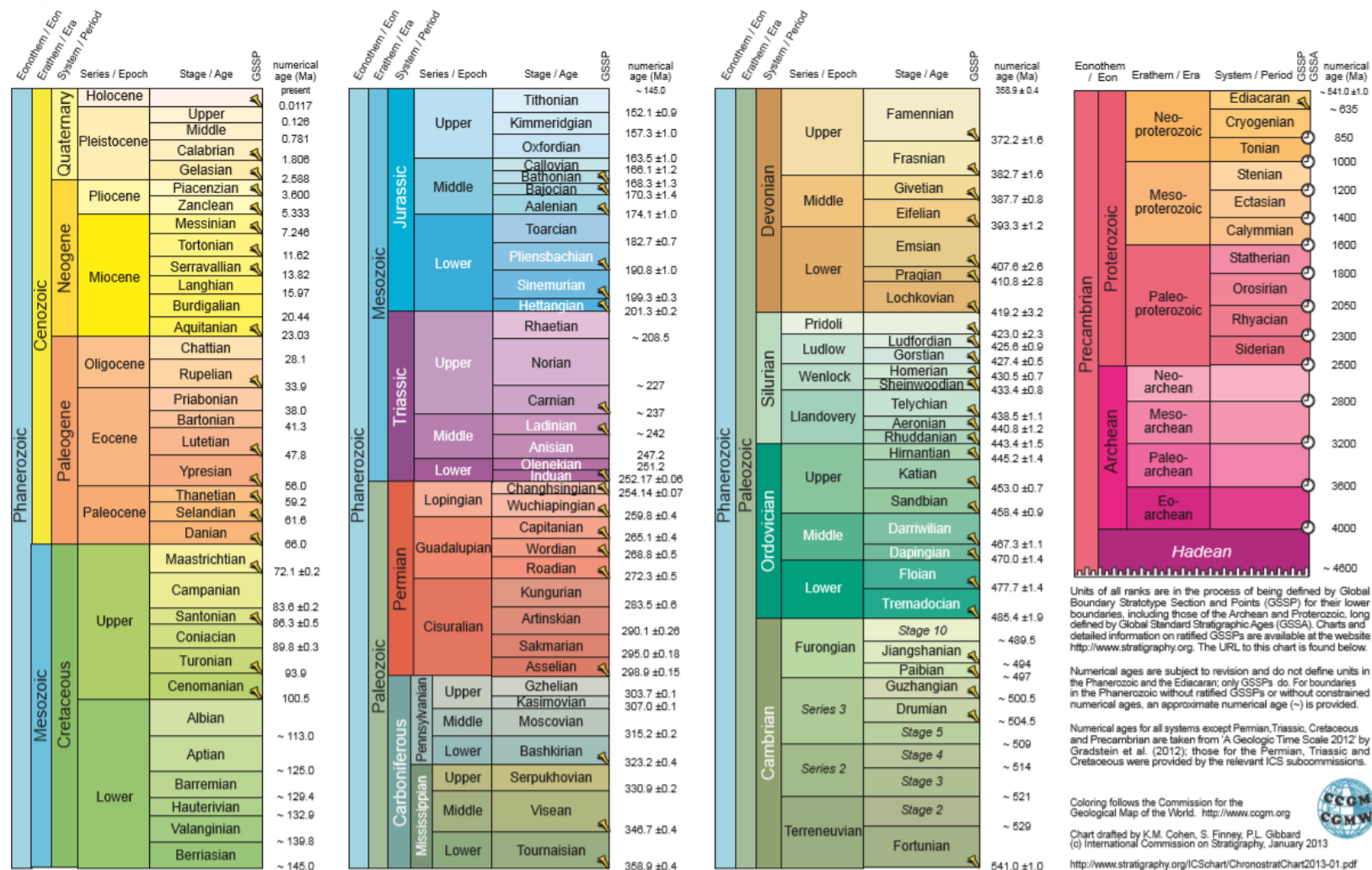
Figura 1.5 – Modelo de elevação da área de Cabo Ledo (ASTER-GDEM, 2013).

1.7 – Caracterização litoestratigráfica

Na área de estudo estão presentes unidades autóctones, para autóctones e alóctones. Neste contexto optou-se seguir e adaptar os critérios, procedimentos e recomendações definidos no “*International Stratigraphic Guide*” (ISSC, 1994) e no “*North American Stratigraphic Code*” (NASC, 2005) respetivamente.

Assim, seguem-se as designações da “*Internacional Chronostratigraphic Chart*” (Figura 1.6) fazendo referência ao Mesozóico e ao Cenozóico.

INTERNATIONAL CHRONOSTRATIGRAPHIC CHART

Figura 1.6 – Quadro Internacional de Estratigrafia. Fonte: www.stratigraphy.org

De acordo com o Código Internacional de Estratigrafia (ISSC, 1994) e com o Código Norte-Americano de Estratigrafia (NASC, 2005), são aplicados alguns conceitos neste trabalho nomeadamente:

Série (e Época) é uma unidade cronoestratigráfica de escalão superior a um estágio e inferior a um Sistema. O equivalente geocronológico de uma Série é uma Época.

Sistema (e Período) é uma unidade de alto escalão na hierarquia cronoestratigráfica convencional, situada acima de uma Série e abaixo de um Eratema.

Eratema (e Era) consiste num grupo de Sistemas. O equivalente geocronológico é um éon. São reconhecidos amplamente três eonotemas, que são do mais velho ao mais jovem: Arquiano, Proterozoico e Fanerozoico. A combinação dos dois primeiros é referido geralmente como Précâmbrico.

Unidades Litoestratigráficas, conjunto de rochas definidas por características físicas comuns. Podem ser constituídas por rochas sedimentares, ou ígneas extrusivas ou metamórficas, ou metassedimentares, ou metavulcânicas ou associação de duas ou mais destas litologias, reconhecidas e definidas com base nas características litológicas e relações estratigráficas.

Formação é a unidade formal primária da classificação litoestratigráfica.

Camada é a menor unidade formal na hierarquia das unidades litoestratigráficas sedimentares.

Correlação é, em termos estratigráficos, o estabelecimento de correspondência entre unidades estratigráficas sedimentares e/ou metassedimentares com base nas suas características e /ou posição estratigráfica.

Existem vários tipos de correlação, como por exemplo, *litocorrelação*, quando se demonstra a correspondência nas características litológicas e na posição litoestratigráfica, *biocorrelação*, no caso da correspondência entre camadas com o mesmo conteúdo fóssilífero e posição bioestratigráfica, *cronocorrelação*, quando se demonstra a existência de uma correspondência na idade e na posição cronoestratigráfica.

CAPÍTULO II

ENQUADRAMENTO GEOLÓGICO

REGIONAL E LOCAL

2 – ENQUADRAMENTO GEOLÓGICO REGIONAL E LOCAL

2.1 – Principais bacias sedimentares de Angola

De acordo com Tavares (2000), os enchimentos sedimentares no litoral de Angola estão subdivididos em cinco (5) sectores, os quais se resumem a três bacias costeiras, nomeadamente a bacia do Congo a Norte, ao Centro a bacia do Cuanza (e bacia de Benguela), e a Sul a bacia do Namibe, encontram-se delimitadas a Leste pelo soco cristalino, e a Oeste pelo oceano Atlântico tal como representado na figura 2.1.

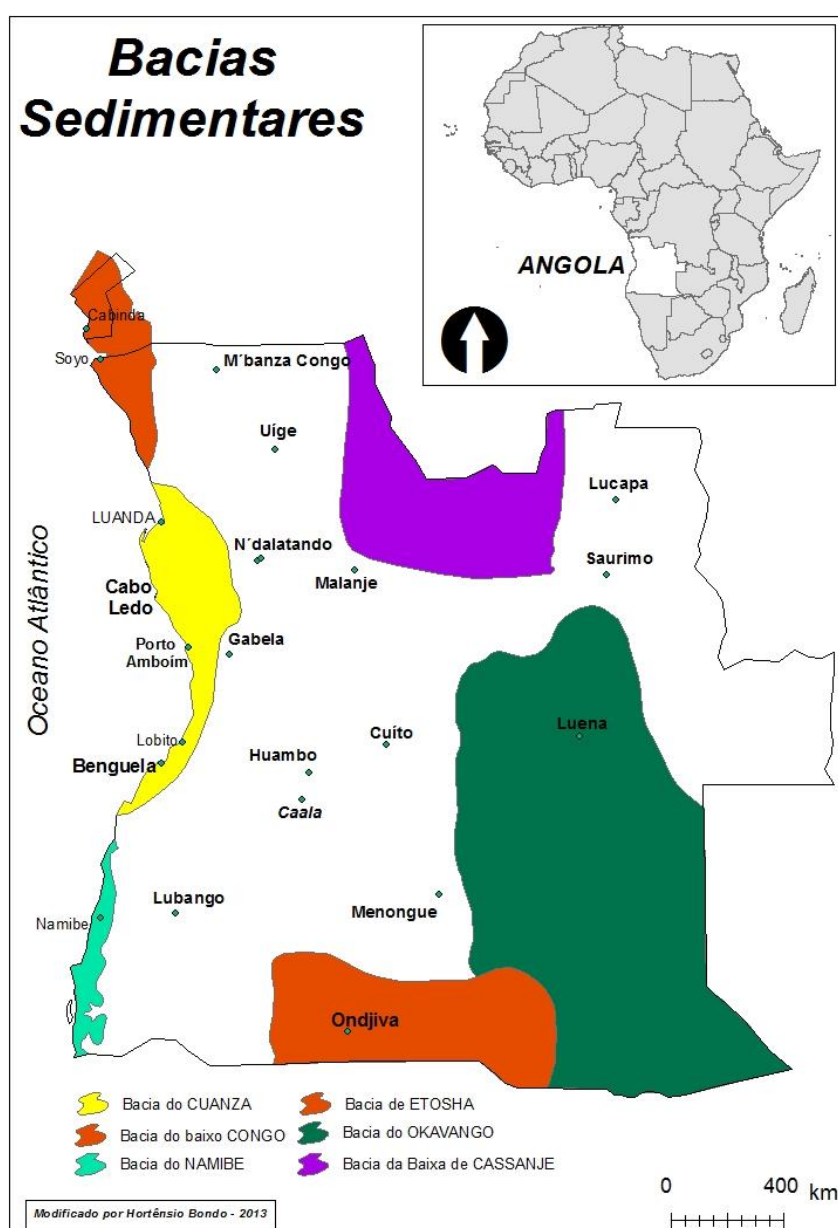


Figura 2.1 - Principais bacias sedimentares de Angola (WEC 1991).

A Região de Cabo Ledo situa-se dentro dos limites geográficos da bacia do Cuanza, estando as Formações da área de estudo (Cabo Ledo), inseridas nas Formações da bacia do Cuanza. Esta, por sua vez, está relacionada com um fenómeno de importância global, a evolução da margem continental angolana, ou seja, a abertura do oceano Atlântico.

Neste contexto, torna-se relevante apresentar uma breve síntese da evolução da margem angolana, a fim de melhor compreender e enquadrar os processos geológicos-estruturais locais no espaço – tempo. Com base nos conceitos de tectónica de placas e da migração das placas continentais, e de acordo com o estilo estrutural e características litológicas presentes, vários autores tais como, Baptista (1991), Brice *et al.* (1982) definiram diferentes eventos evidentes nas bacias sedimentares costeiras e na plataforma continental que refletem as diversas fases de evolução das bacias que compõem a margem angolana.

2.2 – Evolução tectónico-sedimentar da bacia do Cuanza

A evolução tectónica e sedimentar da bacia do Cuanza resultou, numa fase inicial, do movimento das placas tectónicas que provocaram a fraturação do supercontinente Gondwana (Figura 2.2). Estes movimentos estiveram, então, na base da separação dos continentes Africano e Sul-americano e que ainda se identificam nos dias de hoje, devido ao aumento progressivo do afastamento dessas placas.



Figura 2.2 - Fraturação do Gondwana (Google imagens, 2013)

Assim sendo, Rabinowitz e LaBrecque (1979), Scotese *et al.* (1988) e Fairhead (1988) afirmam que o *rifting* continental das placas africana e sul-americana que abriu o Atlântico sul, iniciou-se na zona equatorial do rifte, período entre o Jurássico superior e o Cretácico superior. O processo de *rifting*, porém, não se limitou simplesmente a

propagar para norte a partir do sul, tal como havia sido inicialmente postulado por estes investigadores. (Figura 2.3).

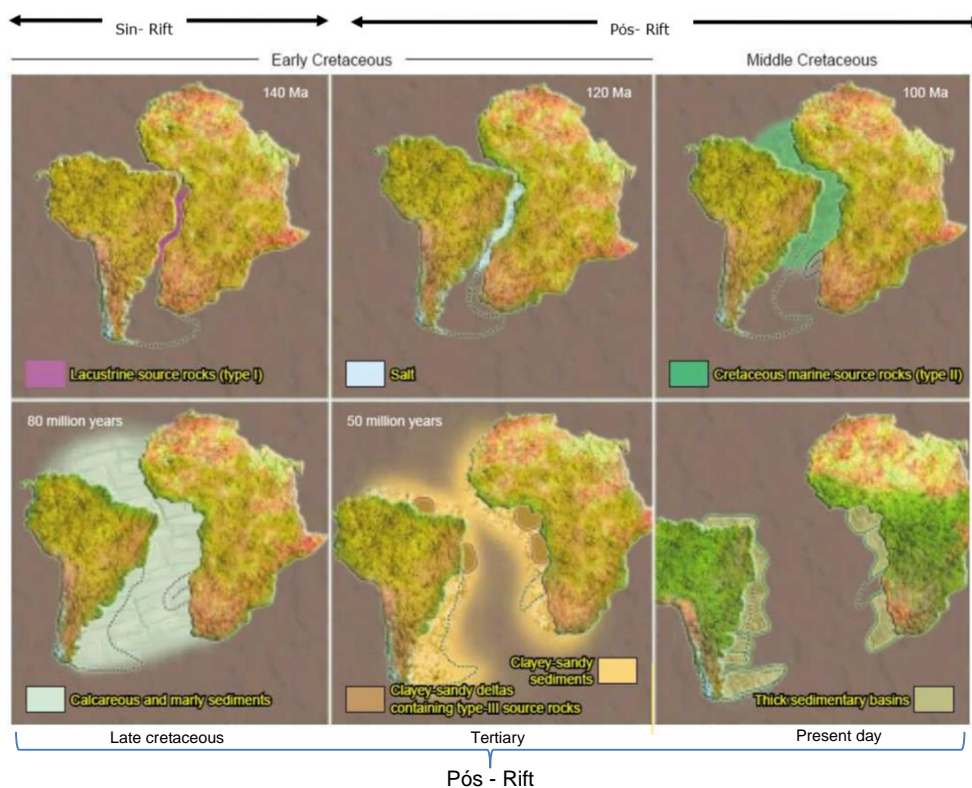


Figura 2.3 – Reconstituição paleogeográfica do Atlântico Sul durante o Cretácico Inferior a Médio, mostrando o controlo deposicional pelas principais feições estruturais da época (Galp Energia, 2008).

A evolução desta bacia ocorreu segundo vários episódios tectónicos distintos, cada um deles evidenciando uma estratigrafia e um estilo estrutural próprio.

Esses movimentos tectónicos são divididos em 4 episódios, nomeadamente:

- 1- Pré-Rift, que é caracterizado por uma tectónica pouco intensa;
- 2- Sin-Rift I e II, que é caracterizado por um forte tectónica;
- 3- Pós-Rift, caracterizado por uma tectónica moderada;
- 4- Subsidência regional, que é caracterizada pelo forte basculamento da bacia.

Pré-rift

Durante a etapa inicial, no Cretácico Inferior (Neocomiano), os continentes Africano e Sul- Americano que se encontravam estáveis e unidos desde o Pré-câmbrico passaram a estar sujeitos a fraturação e ao consequente vulcanismo, período em que se depositaram sedimentos arenosos (Figura 2.4).

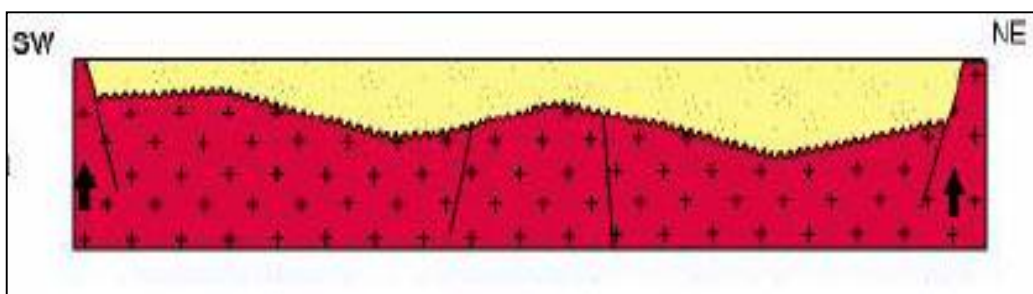


Figura 2.4 – Esquema representativo da fase “Pré-rift” (Brice *et al.*, 1982)

O Neocomiano é então caracterizado por uma tectónica suave, durante a qual se formaram algumas bacias epicontinentais que se instalaram de forma discordante sobre o soco Pré-câmbrico falhado e erodido. Estas bacias epicontinentais encontram-se preenchidas por sedimentos clásticos arenosos de ambiente fluvio-lacustre e sedimentos vulcanoclásticos que se depositaram discordantemente sobre o soco metamórfico falhado.

Syn-Rift I

Na fase inicial (Neocomiano) este episódio é caracterizado por levantamento, fraturação e inclinação dos blocos do soco. Estes fenómenos levaram à formação de um sistema de lagos profundos ou bacias profundas (do tipo *rift*) instaladas nos *grabens* que, por sua vez, produziram um relevo com *horts* e *grabens*, preenchidos por sedimentos sapropélicos (ricos em matéria orgânica) e sedimentos lacustres argilosos.

Na fase final (Barremiano Inferior) acentuou-se o deslocamento dos blocos, dando lugar a um aumento da compactação e subsidência como consequência da carga sedimentar (litostática), (Figura 2.5).

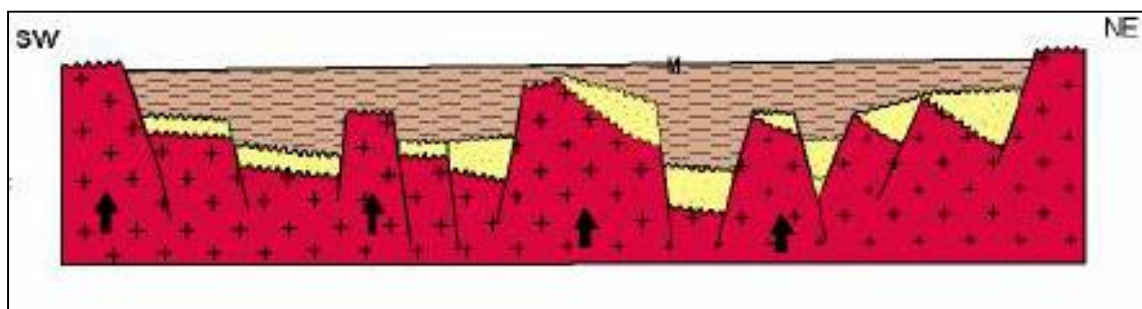


Figura 2.5 - Esquema representativo da fase "Sin-rift I" (Brice *et al.*, 1982)

Syn-rift II

Nesta fase (Barremiano) verificou-se a reativação de algumas falhas, devido ao aumento gradual do adelgaçamento e distensão crustal, provocando subsidência e erosão das zonas mais elevadas dos blocos Pré-câmbrios.

No final desta fase (Aptiano) deu-se o início da rutura intracontinental (África e América do Sul), devido ao rápido estiramento e adelgaçamento da litosfera.

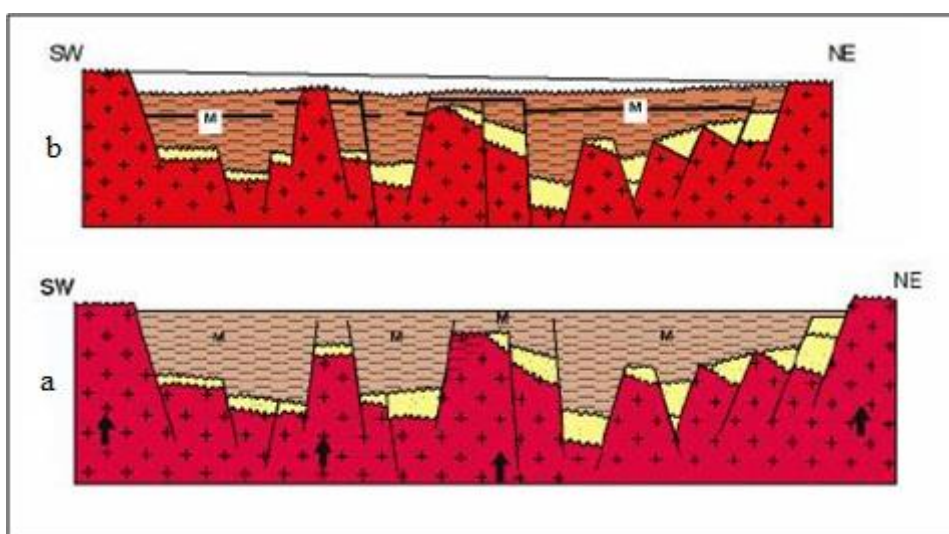


Figura 2.6 – Esquema representativo da fase inicial (a) e final (b) do "Sin-rift II" (Baptista C. 1991).

Os sedimentos que se depositaram neste período representam uma sequência transicional que corresponde ao início da mudança de ambientes continentais para ambientes de transição (litorais). Estes depósitos são constituídos, basicamente, por carbonatos lacustres e aluvionares, passando para uma sequência evaporítica. Esta sequência possui uma função fundamental na separação das sequências *sin-rift* e *pós-rift*. Espessas sequências de rochas fluviais e lacustres (lutito, arenito fino) foram depositadas nas bacias do *rift*, ricas em hidrocarbonetos, formando importantes rochas

geradoras de hidrocarbonetos da bacia do Cuanza. Além disso, o diapirismo do sal criou inúmeras estruturas que formam armadilhas para possíveis acumulações de hidrocarbonetos, ao longo da margem continental. O final desta fase é marcado por uma extensa discordância erosiva.

Pós-rift

Esta fase é caracterizada pela deposição de uma espessa série salífera que ocorreu numa bacia geometricamente restrita (hipersalina), no início do Albiano, sendo representada por uma sequência inicialmente transgressiva, formando uma plataforma mista (carbonatada e clástica), (Figura 2.7).

Esta sequência transgressiva depositou-se devido ao processo de subsidência que ocorreu como consequência da contração térmica (arrefecimento térmico).

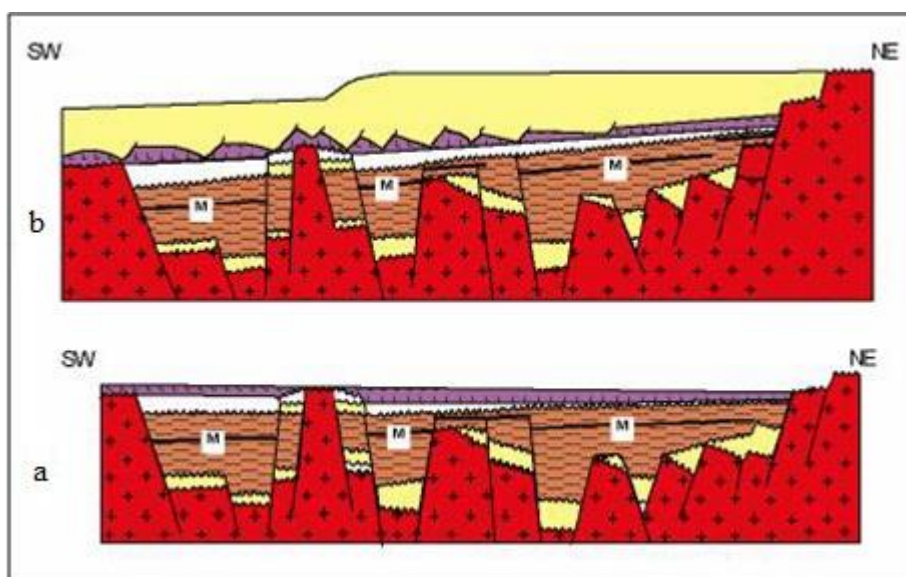


Figura 2.7 – Esquema representativo da fase inicial (a) e final (b) do "Pós-rift"

(Baptista C., 1991).

Nesta fase, os processos tectónicos e sedimentológicos eram dominados por uma oscilação crustal (aumento do nível do mar) de carácter regional, seguidos por um período transgressivo.

A bacia do Cuanza, encontra-se dividida na sua parte *onshore* (*Inner Cuanza Basin – ICB*) e *offshore* (*Outer Cuanza Basin – OCB*). Ambas são cortadas por três falhas transformantes, dividindo-as em três elevações estruturais do substrato (plataformas Flamingo, Amestita e Benguela), caracterizada por fina deposição de sal.

A *Inner Cuanza Basin* é uma bacia interior confinada, as suas rochas são representadas pelas Formações Cuvo Inferior (Neocomiano) e Cuvo Superior (Barremiano). A formação Cuvo Inferior tem origem lacustre e é constituída por tufos, lutitos ricos em hidrocarbonetos e evaporitos (Figura 2.8).

A formação Cuvo Superior apresenta conglomerados, arenitos vermelhos e argilitos, intercalados com cinzas vulcânicas.

A *Outer Cuanza Basin* apresenta rochas similares às da bacia do baixo Congo, assim como se desenvolveu de forma similar às Bacias do Recôncavo e de Almanda-Camamu no Brasil. (Brownfield & Charpentier, 2006).

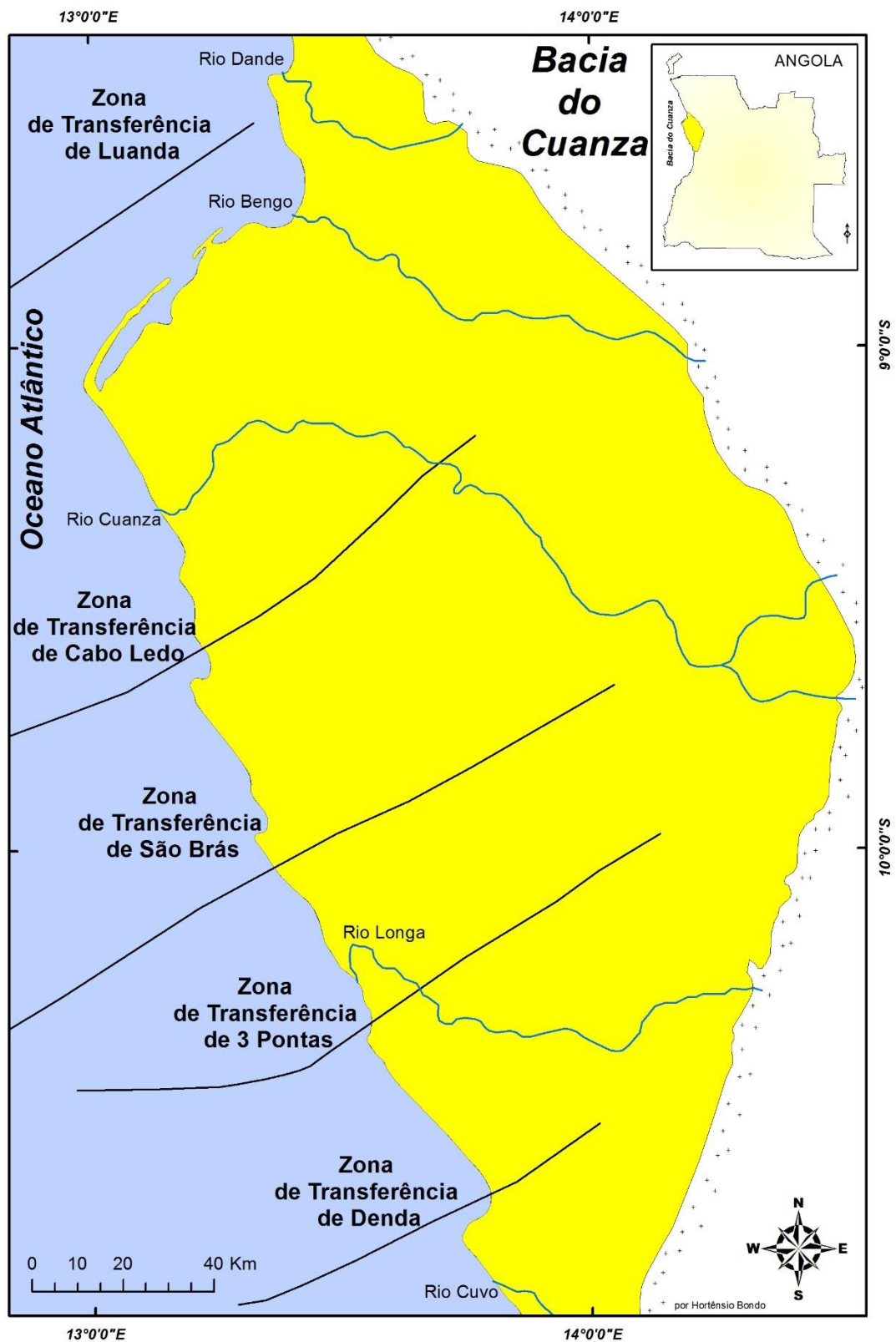


Figura 2.8 - Mapa de delimitação das falhas de transferência da bacia do Cuanza e zonas de transferência resultantes (Brownfield & Charpentier, 2006)

2.3 – Subsidiência regional

O intervalo de tempo Campaniano/Mastrichtiano é caracterizado por um afastamento acentuado das placas, acompanhado da subida do nível do mar, durante a qual a transgressão marinha atingiu a sua máxima extensão quer em África quer na América do Sul (WEC 1991).

No Paleogénico (Oligocénico médio) ocorreu uma importante regressão marinha resultante do basculamento no sentido Oeste da bacia, induzido pela sobrecarga sedimentar da plataforma, tendo como resultado a descida do nível da água do mar devido a uma regressão forçada. Esta regressão teve como consequência a deposição (Oligo-Miocénico) de uma espessa sequência clástica regressiva, assentando discordantemente sobre a antiga plataforma.

Este período é, ainda, marcado por vários hiatos estratigráficos representados quer pela não deposição quer pela erosão dos depósitos sedimentares provocados pelas pequenas variações do nível do mar (Oligocénico Superior, Miocénico e Pliocénico).

A tectónica diapírica salífera permaneceu ativa durante todo o Cretácico Superior e o Cenozóico, fenómeno este que em conjunto com a sobrecarga sedimentar deram origem ao desenvolvimento de grandes fossas cenozóicas (Oligoceno-Mioceno), produzindo importantes falhas normais, sintéticas, lítricas e antitéticas em rochas carbonatadas. Assim sendo, sobre a unidade carbonatada depositaram-se espessos estratos de sedimentos argilosos típicos de águas profundas, margas e algumas areias com estruturas turbidíticas.

2.4 – Estratigrafia da bacia do Cuanza

Sobre o soco cristalino as formações da Bacia do Cuanza depositaram em descontinuidade sedimentos do Cretácico Inferior ao Quaternário, com a seguinte sequência (da base para o topo), (Figura 2.9).

1 - *Formação Cuvo*: Onde podemos distinguir:

A) *Cuvo inferior ou vermelho*: (Neocomaniano a Barremiano) formado por conglomerados, que apresentam fragmentos de rochas gnáissicas e outras metamórficas do soco cristalino, bem como arenitos (possivelmente de cor vermelho), cujo ambiente é fluvial ou lacustre.

B) *Cuvo Superior ou cinzento*: (Barremiano ou Ante-Aptiano) constituído por arenitos (grosseiros ou finos) com intercalações de calcários conquíferos normalmente ricos em ostracodos, de ambiente lagunar com uma evolução para fácies marinhas. De potencial enquanto rocha reservatório do pré-sal bem como rocha reservatório;

2 - *Formação Sal Maciço*: (Aptiana) constituída por dolomite, anidrite dolomítica, e anidrite ou Halite. Esta sequência foi depositada num ambiente lagunar ao marinho;

3 - *Formação Binga*: (Aptiano-Albiano) formada por calcários oolíticos e bioclastos, calcários sublitográficos com dolomite microcristalina e anidrite, depositada num ambiente lagunar da plataforma continental;

4 - *Formação Twenza*: (Albiana) representada por dolomites com ocorrência de anidrite por vezes com intercalações de evaporitos. Esta formação depositada num ambiente lagunar;

5 - *Formação Catumbela*: (Albiana Superior) composta por calcarenitos e calcários marinhos com algas e corais, bioclásticos, pisólitos, fragmentos arredondados e calcarenitos conquíferos, depositada num ambiente marinho pouco profundo (plataforma);

6- *Formação Quissonde*: Depositada num ambiente de plataforma externa constituída por calcários margosos com fragmentos de conchas na base, e fragmentos de conchas na parte média e no topo;

7 - *Formação Cabo Ledo*: Caracteriza-se pela dominância das margas sobre os calcários conquíferos. Depositada num ambiente marinho de grande profundidade cuja idade é Cenomaniana;

8 - *Formação Itombe*: (Turoniana) constituída por margas calcárias com amonites e intercalações arenosas. Esta formação foi depositada num ambiente de mar pouco profundo;

9 - *Formação N'golome*: (Turoniano-Campaniana) é constituída por margas pelágicas caracterizada pelo seu conteúdo em microfósseis (*Globotruncana*);

10- *Formação Teba*: (Maastrichtiana) é constituída por margas com calcários lumachelicos e restos de *Inoceramus* com níveis fosfatados. Depositou-se num ambiente de plataforma;

11- *Formação Cunga-Gratidão*: (Eocénica) constituída por margas gresosas com lentilhas e concreções calcárias e calcários silicificados. Depositadas num ambiente pelágico;

12 - *Formação Quifangondo*: (Oligocénica-Miocénica) representada por argilas com intercalações siltosas, calcários gresosos lumachélicos; e ricas em foraminíferos, depositada em ambientes de plataforma externa a batial;

13 - *Formação Cacuaco*: (Oligocénica) constituída por calcários com algas, equinoderme e bivalves, com calcarenitos; depositados num ambiente litoral a circo litoral;

14 - *Formação Luanda*: (Pliocénica) composta por margas castanhas com foraminíferos, areias litorais e grés com conchas, depositada num ambiente litoral;

15 - *Formação Areias Cinzentas*: São sedimentos constituídos por areias heterométricas com abundante matriz silto-arenosa no seio dos quais se encontram imensos seixos subarredondados de dimensão centimétrica.

Este conjunto litológico, que apresenta uma posição estratigráfica e características litológicas bem definidas e uma extensão superficial significativa, foi designada por Formação Areias Cinzentas. Pela presença de fragmentos de quartzo e de calhaus de outras litologias trabalhados pelo homem, tal formação poderá ser considerada como de idade Pleistocénica (Andrade *et al.*, 1998).

16 - *Formação Quelo*: (Plio-Quaternária) constituída por areias ferruginosas e grés de cor vermelha. Depositou-se num ambiente continental.

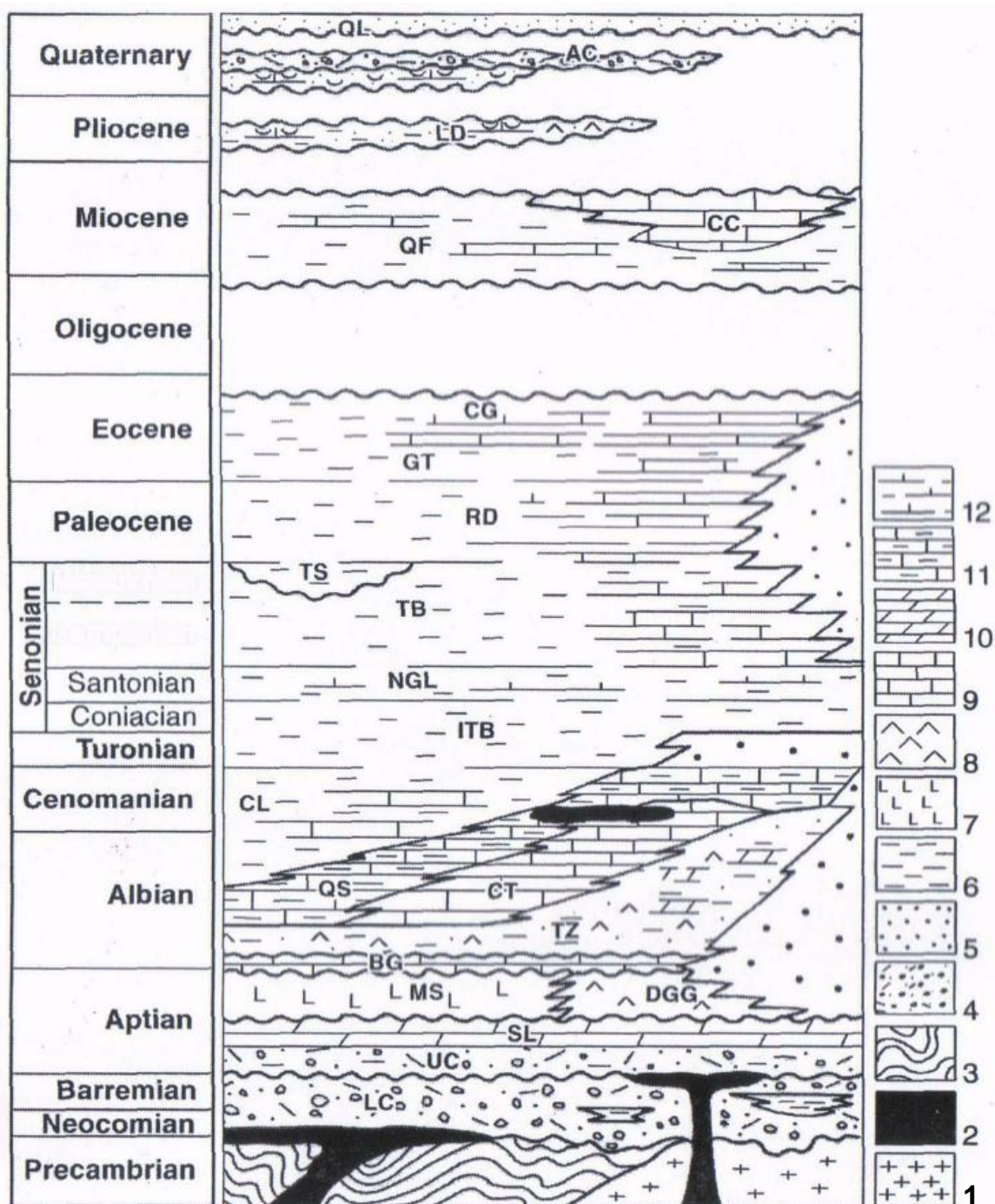


Figura 2.9 - Estratigrafia da bacia do Cuanza (GeoLuanda 2000)

1) Rochas intrusivas, granito - 2) rochas efusivas, basalto - 3) rochas metamórficas - 4) conglomerados - 5) areias - 6) shales - 7) evaporitos - 8) gesso - 9) carbonatos - 10) carbonatos e dolomites silicificados 11) Calclutitos 12) marls. **LC** Formação Cuvo Inferior - **UC** Formação Cuvo Superior - **SL** Formação Chela - **MS** Formação sal massiço - **DGG** Formação Dombe Grande - **TZ** Formação Tuenza - **CT** Formação Catumbela - **QS** Formação Quissonde - **CL** Formação Cabo Ledo - **ITB** Formação Itombe - **NGL** Formação N' Golome **TB** Formação Teba - **TS** Tchipupa Shales - **RD** Formação Rio Dande - **GT** Formação Gratidão - **CG** Formação Cunha - **QF** Formação Quifangondo - **CC** Formação Cacuaco - **LD** Formação Luanda - **AC** Formação Areia Cinzentas- **QL** Formação Quelo.

2.5 – Enquadramento geológico local

Segundo a carta geológica da bacia do Cuanza (Total e Sonangol/1968 – 1972) a área de estudo, caracteriza-se pelas seguintes formações da base ao topo (Figura 2.10):

- ✓ Albiano
 - Formação Tuenza: Dolomites, anidrites, halites e argilas.
- ✓ Cenomaniano
 - Formação Cabo Ledo: margas com intercalações de dolomites.
- ✓ Turoniano - Coniaciano
 - Formação Itombe: Margas, calcários fossilíferos, grés à cimento calcário.
- ✓ Campaniano
 - Formação Teba: Calcários fossilíferos, margas, calcários.
- ✓ Oligocénico
 - Formação Quifangondo: Margas e argila com nódulos.
- ✓ Miocénico - Pliocénico
 - Formação Luanda - Cacuaco: Margas, argilas, calcário e grés.
- ✓ Quaternário
 - Formação Quelo: Areias vermelhas.

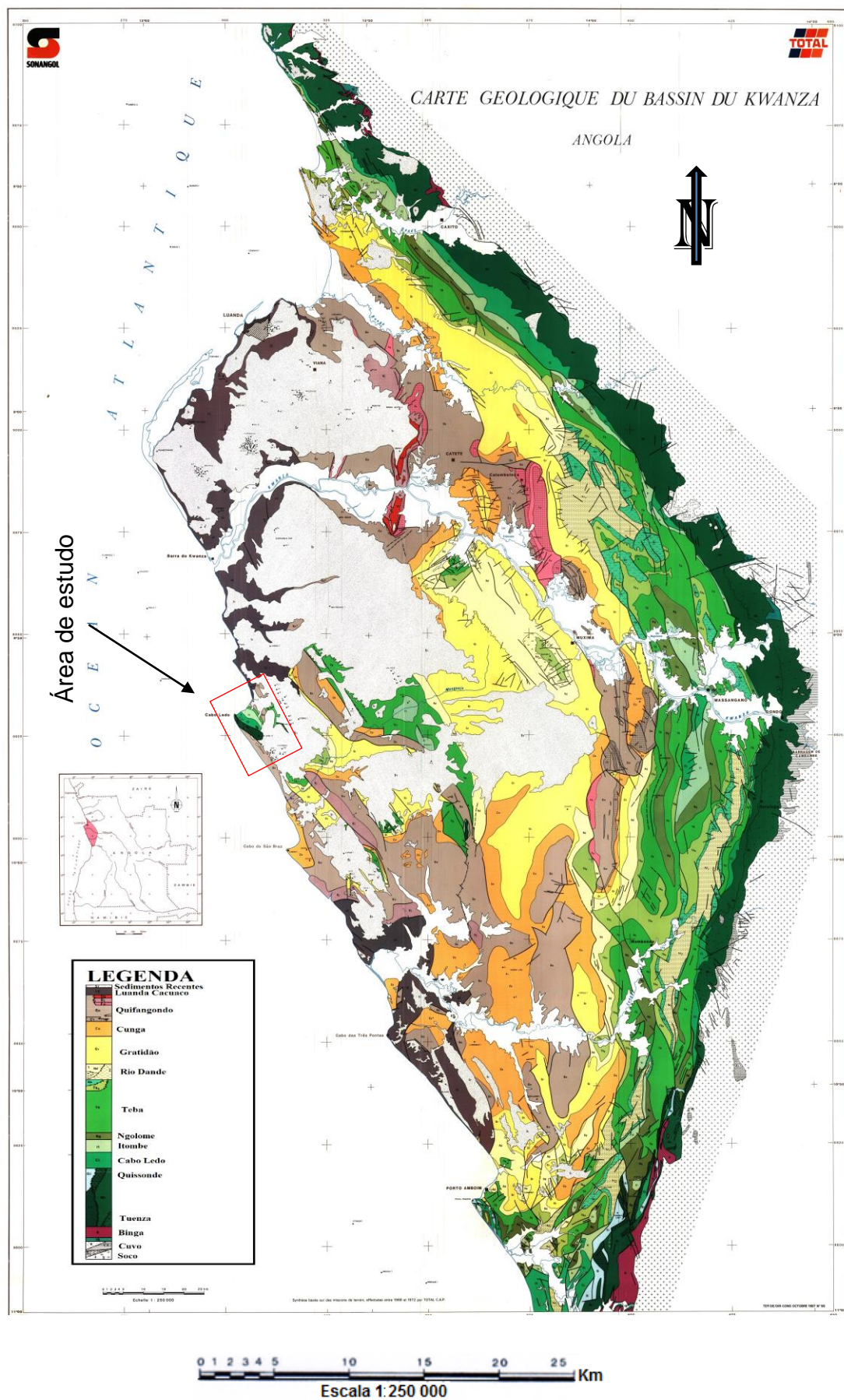


Figura 2.10 - Carta geológica da bacia do Cuanza (Total e Sonangol/1968 – 1972).

Por forma a identificar com maior precisão as formações da área de Cabo Ledo com base na carta anterior, foi criado um projeto em *ArcGis 10.1*, onde o objetivo foi o de editar as respetivas formações cujo resultado é o ilustrado na figura 2.11.

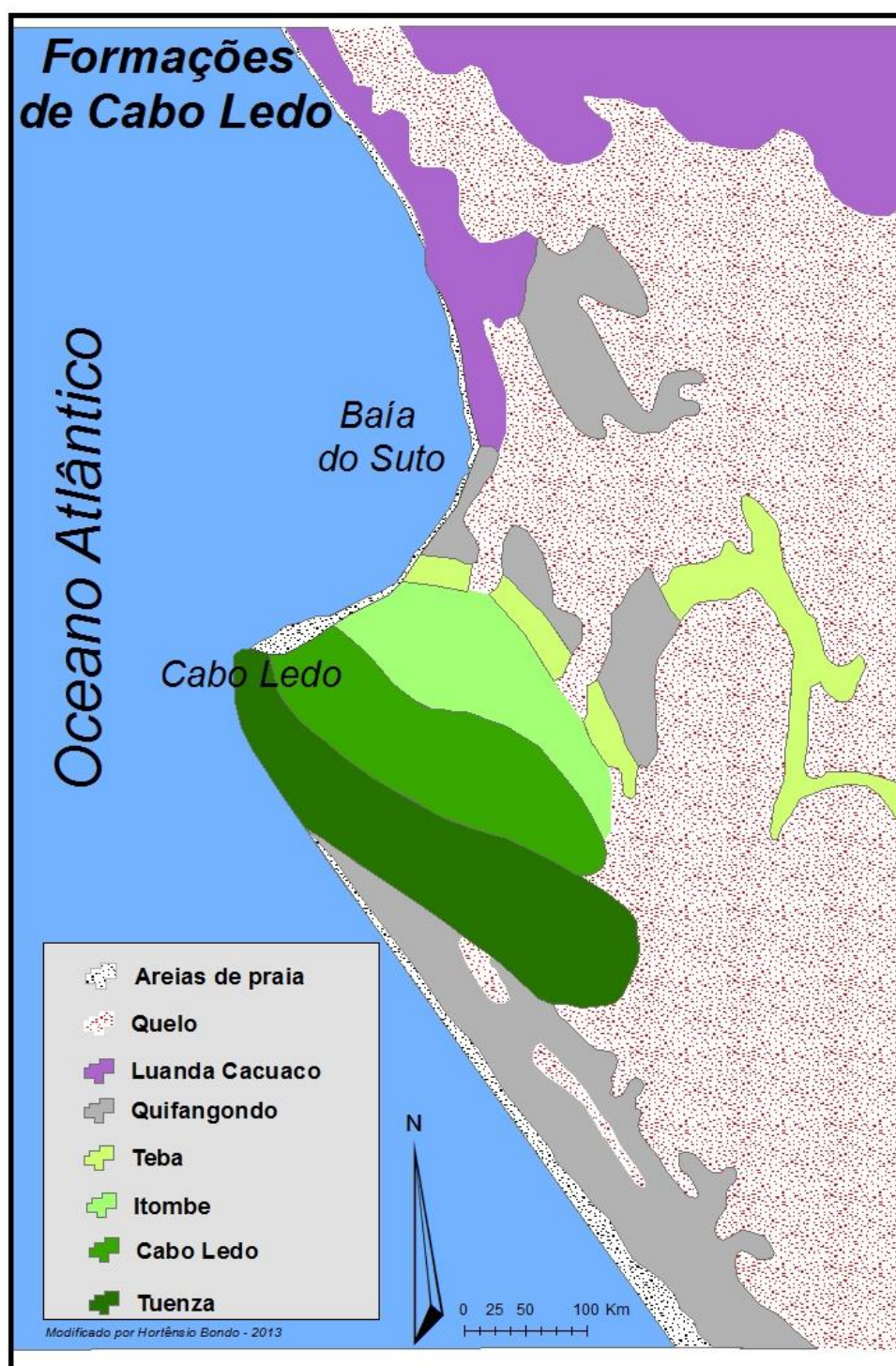


Figura 2.11 – Formações da área de estudo de Cabo Ledo (Total e Sonangol/1968 – 1972).

CAPÍTULO III

TRABALHO DE CAMPO

3 - TRABALHO DE CAMPO

A preparação do trabalho de campo envolveu a análise dos mapas geológicos e do mapa topográfico à escala de 1:100000 IGCA, 1981. Foram ainda realizadas interpretações de imagens aéreas através do *Google Earth*, obtendo informações de lineamentos estruturais, unidades geológicas e respetivas geometrias. Os trabalhos de campo basearam-se na observação *in situ* dos principais afloramentos existentes na área de estudo tendo em conta as principais fácies litoestratigráficas, estruturais, suas geometrias assim como se procedeu à colheita de amostras georreferenciadas. Assim foram observados cerca de vinte e cinco afloramentos (Figura 3.1), dos quais vinte e um são apresentados neste trabalho.

Tabela 3.1 - Coordenadas geográfica dos afloramentos estudados			
AFLOREMENTO	COORDENADAS		ALTITUDE (m)
	LATITUDE (S)	LONGITUDE (E)	
HB1	09°38'17,9''	13°14'14,4''	12,00
HB2	09°38'21,9''	13°14'19,1''	72,00
HB3	09°39'39,3''	13°13'29,5''	14,00
HB4	09°39'56,3''	13°13'34,0''	58,00
HB5	09°39'51,7''	13°13'28,4''	45,00
HB6	09°39'28,7''	13°13'47,0''	13,00
HB7	09°39'46,1''	13°13'27,8''	21,00
HB8	09°40'36,1''	13°11'51,1''	16,00
HB9	09°40'43,2''	13°12'16,8''	69,00
HB10	09°40'39,0''	13°12'30,0''	91,00
HB11	09°41'16,4''	13°12'59,1''	75,00
HB12	09°41'10,2''	13°12'19,0''	76,00
HB13	09°41'12,9''	13°12'16,5''	75,00
HB14	09°41'01,1''	13°11'50,2''	17,00
HB15	09°51'29,7''	13°20'25,6''	61,00
HB16	09°42'23,2''	13°12'26,5''	18,00
HB17	09°43'18,2''	13°13'17,3''	35,00
HB18	09°43'15,4''	13°13'52,2''	120,00
HB19	09°40'08,3''	13°14'17,0''	89,00
HB20	09°40'07,4''	13°13'22,0''	55,00
HB21	09°40'31,3''	13°12'31,7''	31,00
HB22	09°40'34,5''	13°12'30,5''	72,00
HB23	09°40'38,9''	13°12'18,8''	17,00
HB24	09°41'09''	13°12'01''	88,00
HB25	09°41'32''	13°12'47''	98,00
HB26	09°40'39''	13°12'30''	91,00

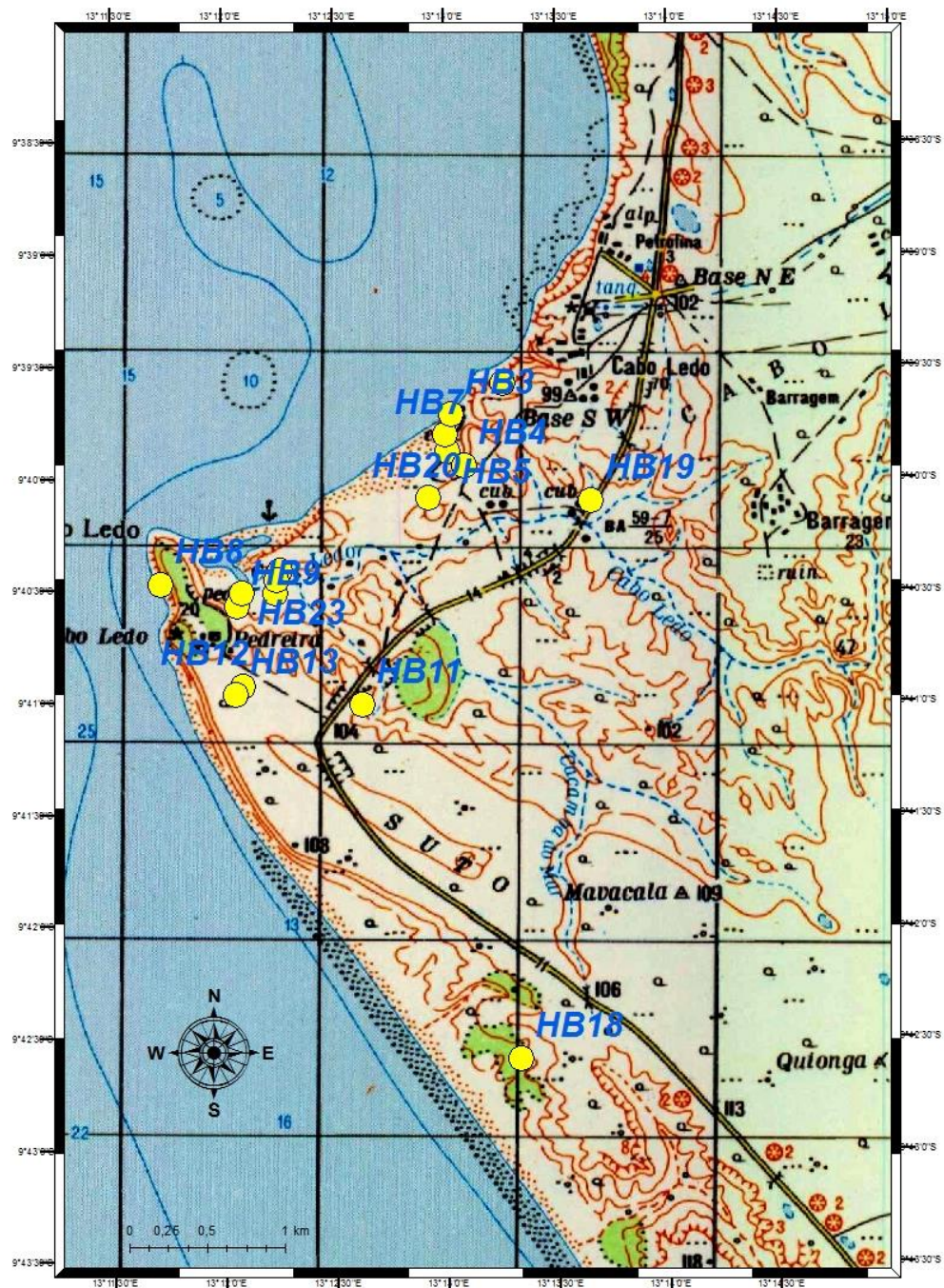


Figura 3.1 - Localização geográfica dos afloramentos na carta topográfica (IGCA, 1981).

3.1 – Panorâmica geral dos afloramentos

Para uma melhor visualização e com recurso ao *Google Earth* foram lançadas as coordenadas geográficas dos afloramentos, a fim de se ter uma panorâmica geral dos afloramentos, ou seja, visualizar inicialmente os localizados ao longo da costa, e posteriormente os localizados no interior da zona de estudo.



Figura 3.2 - Panorâmica geral dos afloramentos da zona de estudo (base *Google Earth*, 2013).

3.2 – Descrição dos afloramentos

Tendo em conta as fácies do ponto de vista geológico, os afloramentos serão detalhadamente localizados por projeção em imagens do *Google Earth*.

Alguns dos afloramentos alvo de estudo localizam-se ao longo da zona de praia da área de Cabo Ledo, outros na parte interior da referida zona, e outros ao longo da estrada nacional.

A descrição dos afloramentos foi feita com base nas características litoestratigráficas e estruturais identificadas *in situ*, e posterior correlação com as formações presentes na carta geológica da bacia do Cuanza (Total e Sonangol, 1972).

3.2.1 - Afloramento HB4

Afloramento com orientação NE-SW, é constituído por duas unidades litoestratigráficas, nomeadamente areias vermelhas com uma espessura de 2m e conglomerados de base.

O mesmo encontra-se ao longo de um vale. Pelas características das litofácies, é atribuído à Formação Quelo (Quaternário).

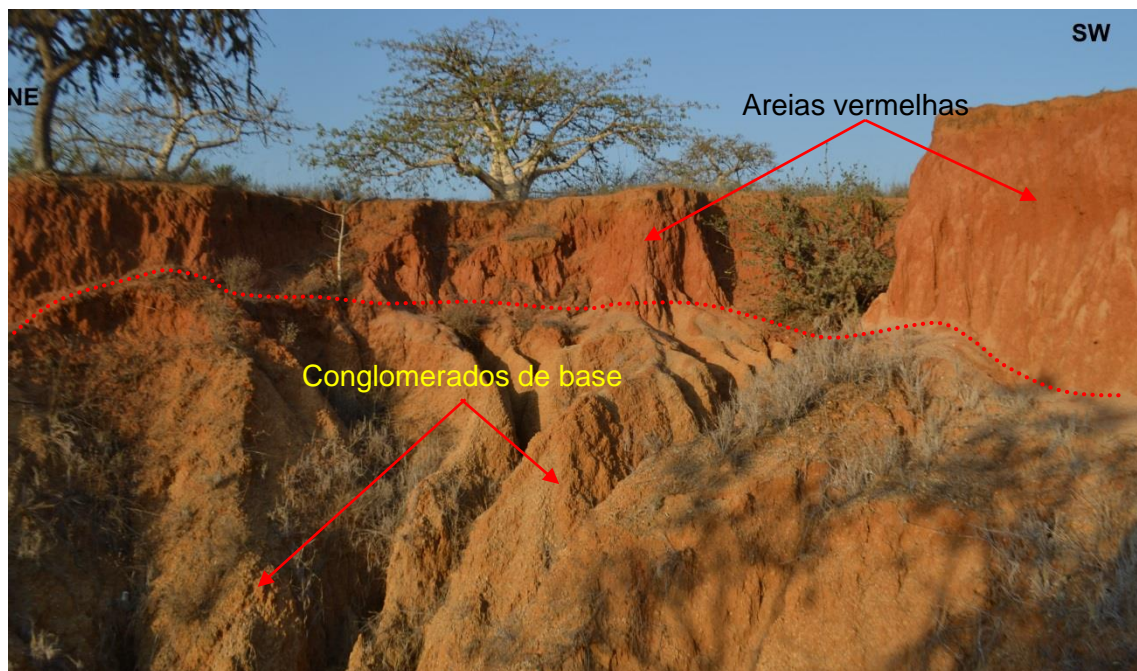


Figura 3.3 – Afloramento HB4

3.2.2 - Afloramento HB5

Afloramento com orientação NE-SW, apresenta no topo camadas sub-horizontais de calcário com alternância de margas, apresenta ainda níveis ferruginosos, forte bioturbação, com direção N120° e inclinação para Sul. Pelas características das litofácies é atribuído à Formação Itombe (Turoniano-Coniaciano).



Figura 3.4 – Afloramento HB5

3.2.3 - Afloramento HB6

Afloramento de orientação SW-NE com espessura aproximada de 12m é constituído maioritariamente por três unidades litoestratigráficas, nomeadamente argilitos siltosos, bancadas de calcário com atitude N-S; 11°NE, e no topo areias vermelhas. Pelas características das litofácies é atribuído à Formação Quifangondo (Oligocénico).

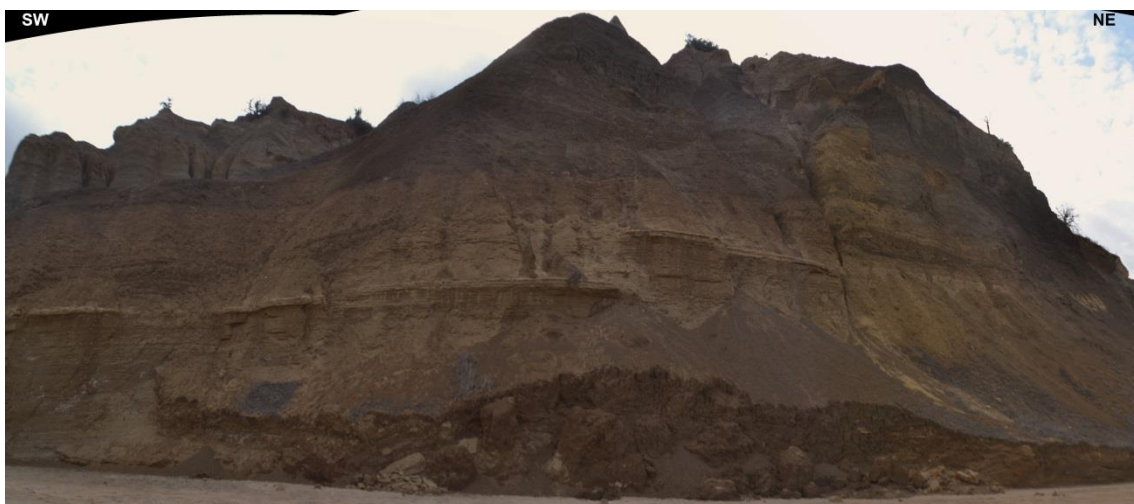


Figura 3.5 – Afloramento HB6

3.2.4 - Afloramento HB7

Afloramento com orientação NW-SE e com espessura aproximada de 15m, sendo constituído por duas unidades litológicas, de diferentes colorações, nomeadamente, argilitos de cor cinza (a) e calcários fortemente bioturbados (b) cujo contacto é marcado por uma provável falha listrica, na parte amarelada identificaram-se lâminas de gesso. A atitude dos estratos é de $N72^{\circ};20^{\circ}SE$. Pelo conjunto das litofácies, consideramos como pertencente à Formação Teba (Campaniano).

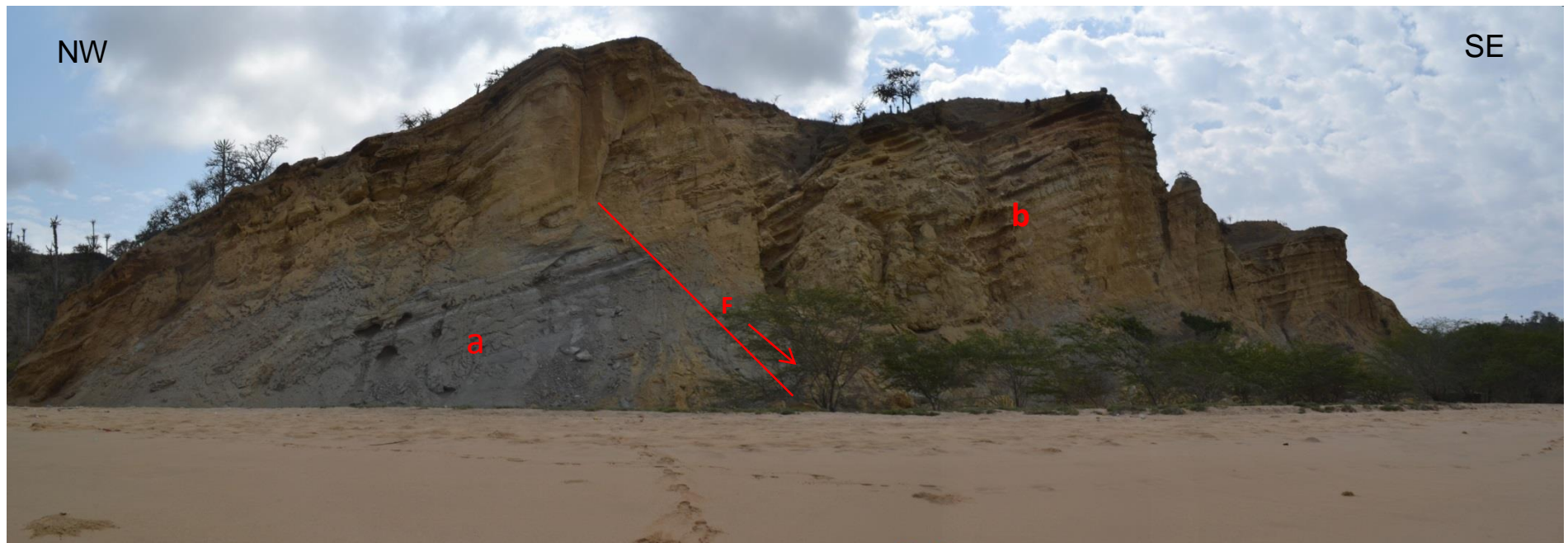


Figura 3.6 – Afloramento 7 a) argilitos, b) calcários

3.2.5 - Afloramento HB3

Afloramento de orientação NW-SE localizado na Ponta Feixe, de espessura aproximada de 10m é constituído por três unidades litoestratigráficas, nomeadamente arenito conglomerático com níveis ferruginosos e caulnização, intercalados por areia com microconglomerados (A), argila siltosa a arenosa (B), bancadas de calcário com atitude N151°;22°SW com alternâncias de margas (C). O pacote B está separado do C por uma discordância angular. De acordo com as litofácies, este conjunto é atribuído à Formação Teba (Campaniano).

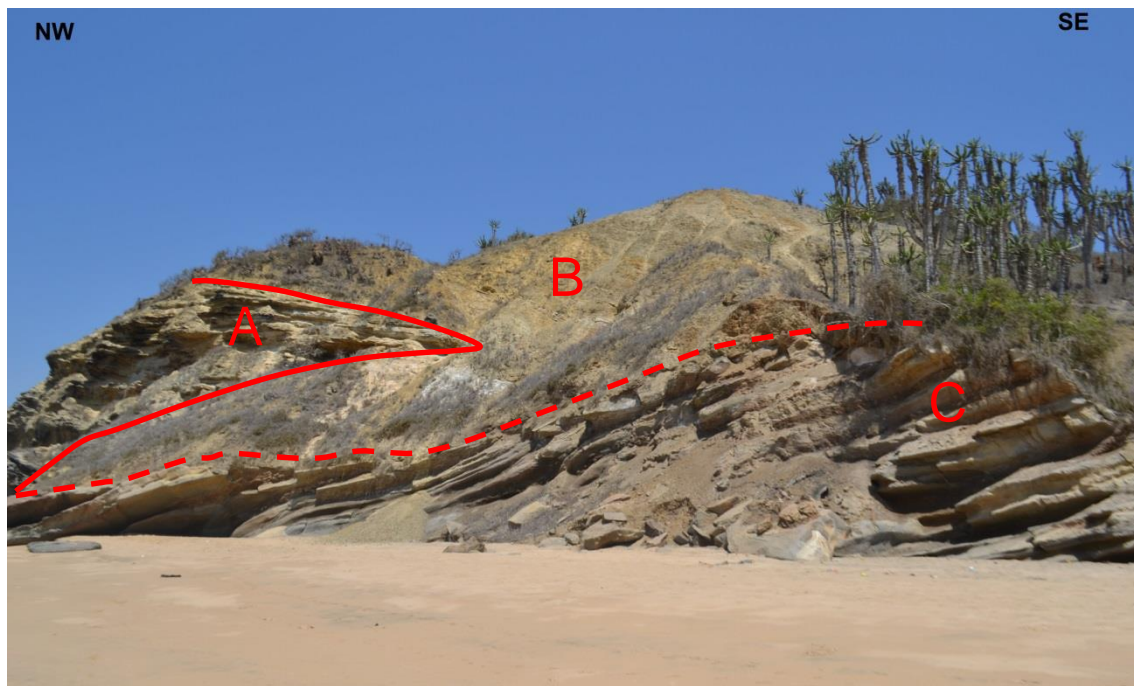


Figura 3.7 – Afloramento HB3



Figura 3.8 - Arenito com lâminas de gesso



Figura 3.9 - Areia com microconglomerados

3.2.6 - Afloramento HB10

Afloramento (Morro dos petróleos) com orientação SW-NE e espessura aproximada de 18m é constituído maioritariamente por três unidades litoestratigráficas, nomeadamente, argilas cinzentas, margas, e calcários cuja atitude das camadas é de N72°; 20°NW, o afloramento apresenta muitos leitos de gesso sem uma orientação preferencial. Pelo conjunto das litofácies é atribuído à Formação Cabo Ledo (Cenomaniano).



Figura 3.10 – Afloramento HB10

3.2.7 - Afloramento HB16

Afloramento com orientação W-E e espessura aproximada de 17m apresenta uma estratificação maciça, e é constituído por uma única unidade litológica, nomeadamente, calcário fortemente dolomitizado e brechificado pertencente as fácies da Formação Tuenza dolomítico (Albiano).



Figura 3.11 – Afloramento HB16



Figura 3.12 – Detalhe da base do afloramento HB16 mostrando a forte bioturbação

3.2.8 - Afloramento HB15

Afloramento de orientação SE-NW e espessura aproximada de 14m é constituído por duas unidades litoestratigráficas nomeadamente margas brancas e bancadas de calcário bioturbado com atitude $N60^{\circ}; 20^{\circ}NW$, o mesmo apresenta laminações de gesso. Pelas características das litofácies é atribuído à Formação Quifangondo (Oligocénico).



Figura 3.13 – Afloramento HB15



Figura 3.14 – Detalhe do afloramento HB15

3.2.9 - Afloramento HB19

Afloramento com uma espessura aproximada de 11m é constituído por duas unidades litoestratigráficas, nomeadamente, alternância de margas argilosas e calcários cuja atitude é N140°; 10° NE. Pelas características das litofácies, é atribuído à Formação Itombe (Turoniano-Coniaciano).

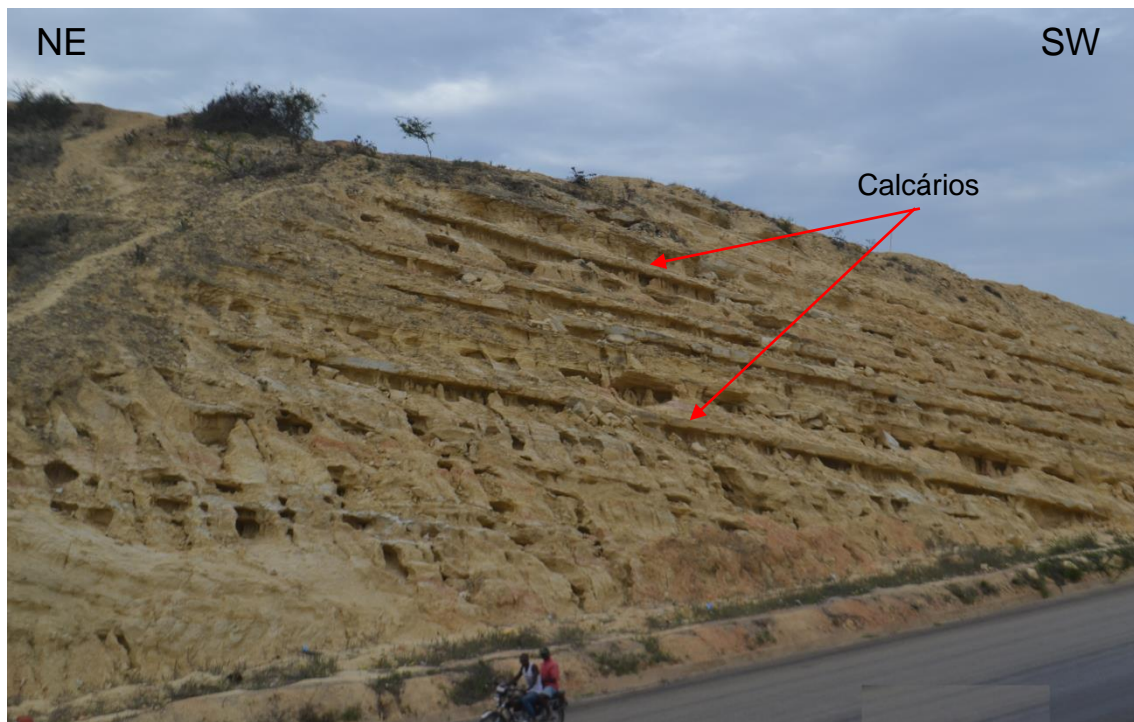


Figura 3.15 – Afloramento HB19



Figura 3.16 – Detalhe do afloramento HB19

3.2.10 - Afloramento HB12

Afloramento de orientação N-S e espessura aproximada de 15m localiza-se na pedreira de Cabo Ledo, é constituído por duas unidades litológicas: calcário maciço (a) e calcário com intercalações de argilas (b) com laminações de gesso. Este conjunto de fácies pertence ao Albiano Inferior, onde o calcário maciço (a) é atribuído à Formação Tuenza, e o calcário com intercalação de argila atribuído à Formação Quissonde (b).

O contacto entre as duas unidades é marcado por uma falha cuja atitude é N92°; 46°SW. De acordo a geometria do afloramento, poderá tratar-se de um *rollover*.

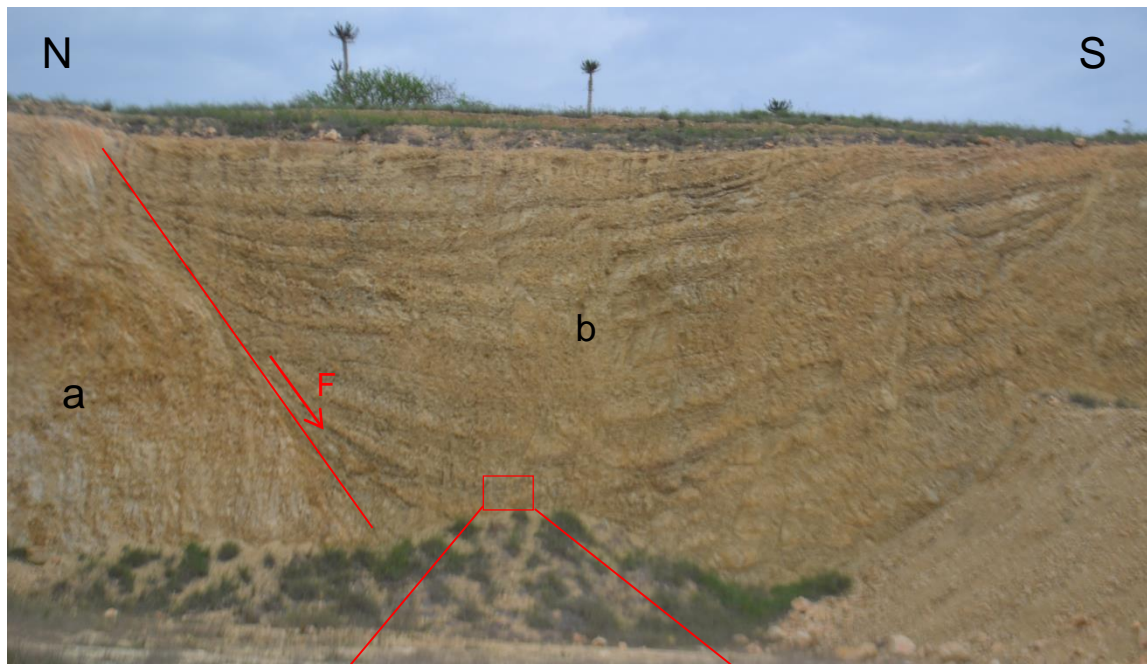


Figura 3.17 - Afloramento HB12



Figura 3.18 - Detalhe da base do afloramento HB12 (b)

3.2.11 - Afloramento HB11

Afloramento de orientação NE-SW cuja espessura é de 9m localiza-se ao longo da estrada, e é constituído apenas por uma unidade litológica nomeadamente areia fina vermelha. Pelas características das fácies é atribuído à Formação Quelo (Quaternário).



Figura 3.19 – Afloramento HB11

3.2.12 - Afloramento HB22

Afloramento, orientado W-E é constituído por argilas, laminações de gesso e calcário com atitude N110°; 22NE. O mesmo é parte integrante do Morro dos petróleos, e pelo conjunto das litofácies, é atribuído à Formação Cabo Ledo (Cenomaniano).

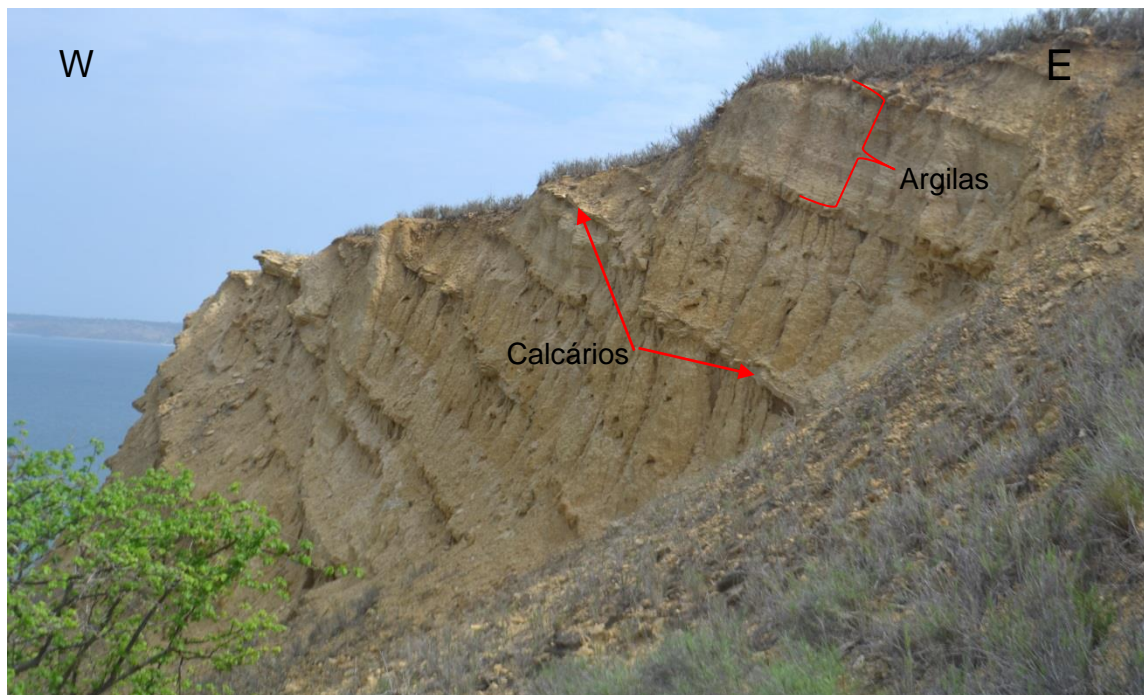


Figura 3.20 - Afloramento HB22

3.2.13 - Afloramento HB21

Afloramento de orientação SW-NE localiza-se ao longo do vale, é constituído por argila e bancadas de calcário com atitude N140°;23°NE, é atribuído à Formação Cabo Ledo (Cenomaniano).



Figura 3.21 - Afloramento HB21

A figura que se segue ilustra com maior detalhe a geometria das camadas de calcário, que por influência da erosão obtêm a forma de anel, esta geometria verifica-se ao longo do vale, desde o topo até a base do afloramento.



Figura 3.22 - Detalhe do afloramento HB21

3.2.14 - Afloramento HB2

Afloramento com orientação W-E é constituído por três unidades litológicas nomeadamente argilas cinzentas com intercalações de gesso, margas siltosas, e areias vermelhas no topo. A estratificação que se pode ver tem atitude N20°;20°SE. Pelas litofácies, é atribuído à Formação Luanda-Cacuaco (Miocénico-Pliocénico).



Figura 3.23 - Afloramento HB 2



Figura 3.24 - Detalhe do afloramento HB 2 evidenciando os leitos de gesso

3.2.15 - Afloramento HB3´

Afloramento localiza-se na parte de trás da ponta feixe, é constituído por três unidades litológicas nomeadamente camadas de arenitos de 10-20 cm de espessura com lâminas de gesso, argilas e calcários de atitude N110°;19°NE. Pelas litofácies que o mesmo apresenta, o conjunto é atribuído à Formação Teba (Campaniano).



Figura 3.25 - Afloramento HB3'



Figura 3.26 - Detalhe do afloramento HB 3' evidenciando o gesso

3.2.16 - Afloramento HB24

Afloramento de orientação SW-NE é constituído maioritariamente por uma única unidade litoestratigráfica nomeadamente dolomites brechificadas (*zoom da imagem*). De salientar ainda que estas dolomites são mais cálcicas em relação as dolomites do afloramento HB16. Pelas características das litofácies, é atribuído o conjunto à Formação Tuenza dolomítico (Albiano).

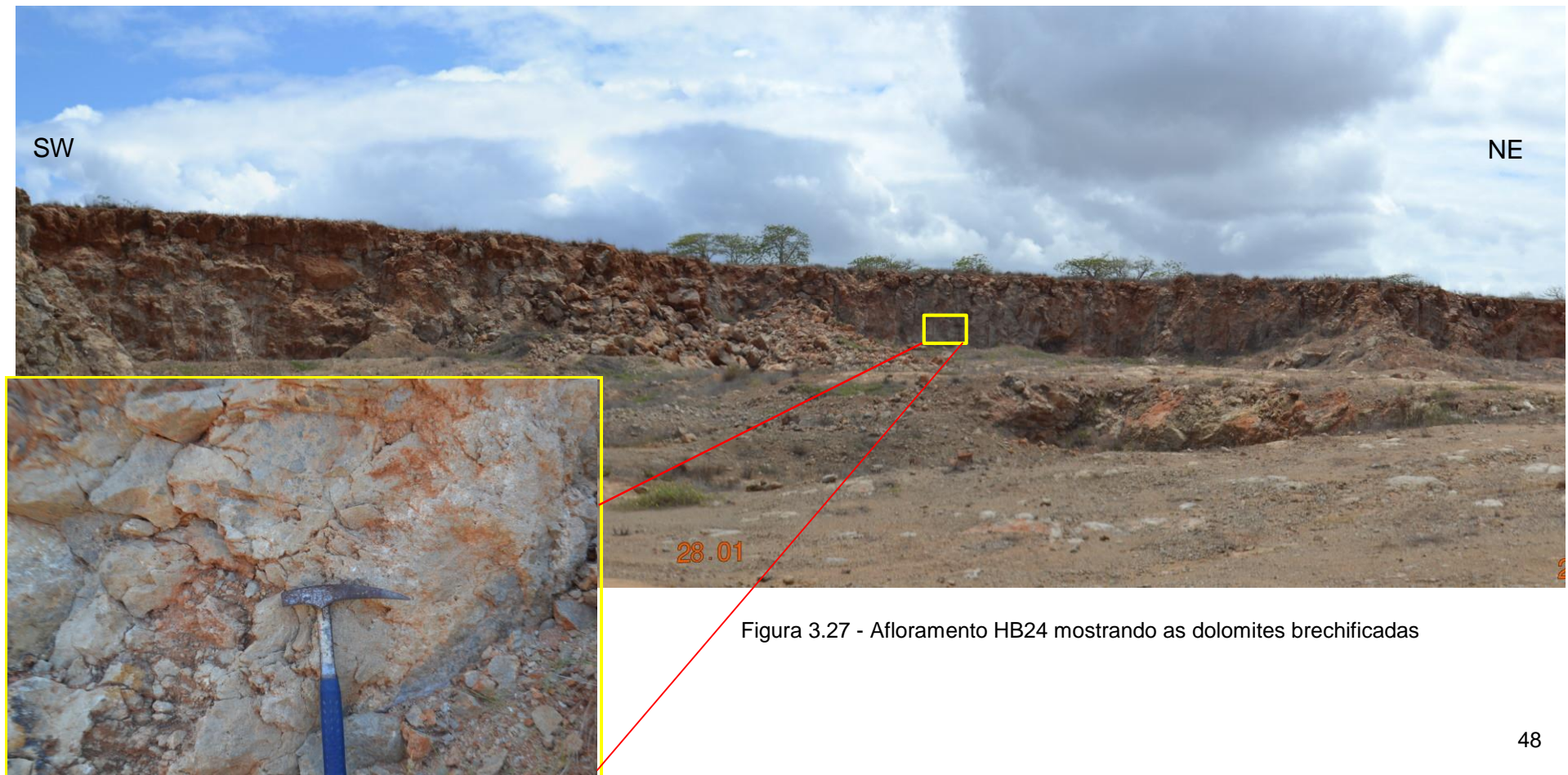


Figura 3.27 - Afloramento HB24 mostrando as dolomites brechificadas

3.2.17 - Afloramento HB25

Afloramento com orientação NE-SW, localiza-se ao longo da estrada nacional que liga a cidade de Luanda à cidade do Sumbe, o mesmo é constituído por duas unidades litoestratigráficas nomeadamente calcários alternantes com siltes argilosos atribuídos à formação Cabo Ledo (Cenomaniano) (a) cuja estratificação é $N120^{\circ};81^{\circ}SW$ e calcários com alternância de margas atribuídos à Formação Quissonde (Albiano) (b) cuja estratificação é $N100^{\circ};50^{\circ}W$, separadas por uma possível falha cuja atitude é $N140^{\circ};70^{\circ}NE$. Tendo em conta que as camadas deslizam sobre a falha ou pela superfície da falha, possivelmente trata-se de um *rollover*.

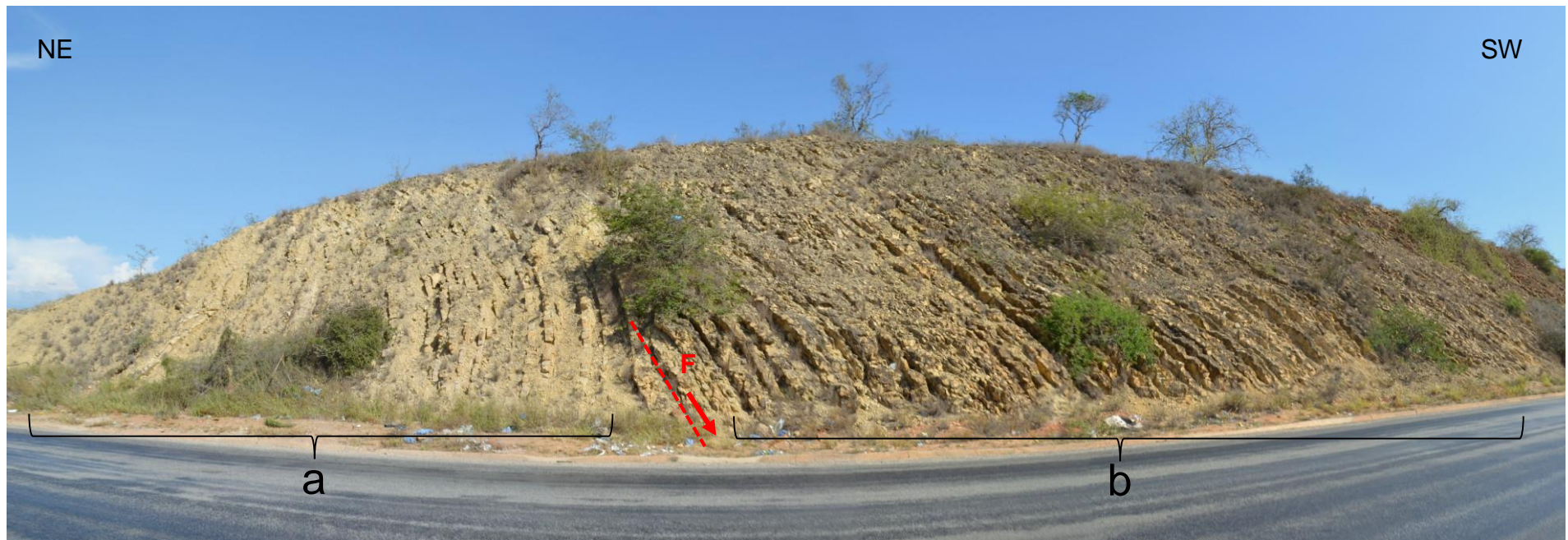


Figura 3.28 - Afloramento HB25 a) Formação Cabo Ledo b) Formação Quissonde

3.2.18 - Afloramento HB 26

Afloramento de orientação SW-NE localiza-se por trás do Morro dos petróleos é constituído por duas unidades litoestratigráficas, nomeadamente, calcários alternantes com margas, cuja atitude é $N72^{\circ};20^{\circ}NE$. O mesmo apresenta veios de quartzo sem uma orientação preferencial, é atribuído o conjunto à Formação Cabo Ledo (Cenomaniano).



Figura3. 29 - Afloramento HB26



Figura 3.30 – Pormenor da imagem anterior, colocando em evidência uma falha normal

3.2.19 - Afloramento HB 18

Afloramento de orientação SW-NE é constituído maioritariamente por areias vermelhas de espessura aproximada de um metro e meio, e na base areias cinzentas, pelas características das litofácies este conjunto é atribuído à Formação Quelo (Quaternário).

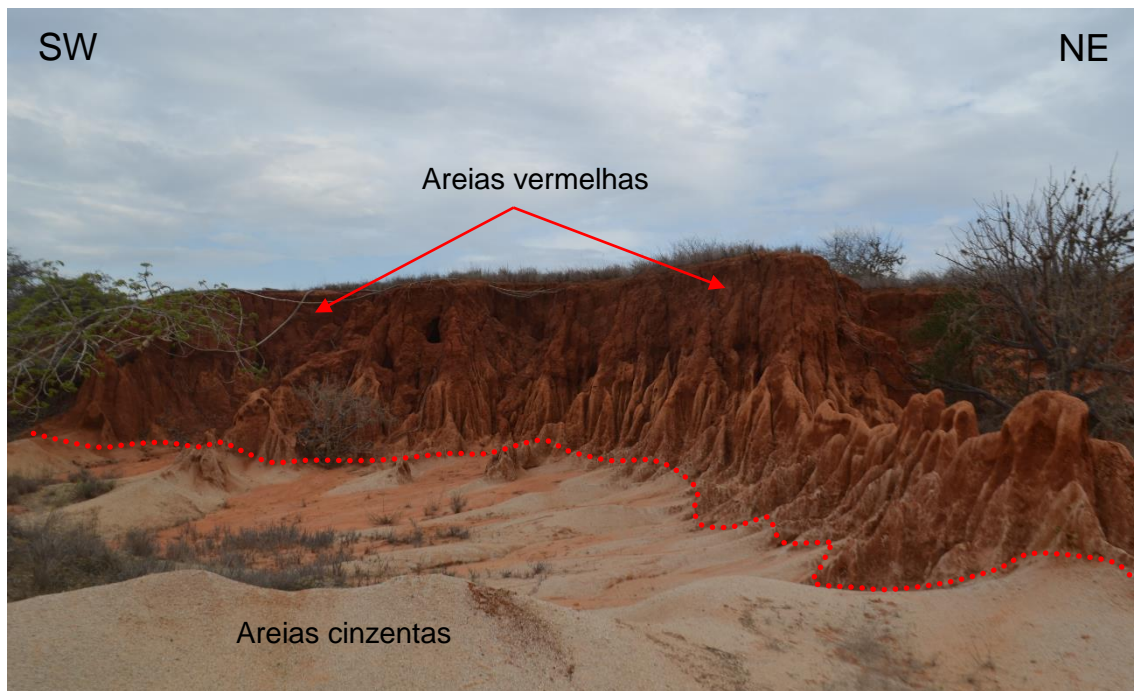


Figura 3.31 - Afloramento HB18



Figura 3.32 - Detalhe do afloramento HB18

3.2.20 - Afloramento HB8

Afloramento com orientação E-W localiza-se na ponta de Cabo Ledo, é constituído por calcário dolomítico e silte, pelas características das litofácies é atribuído à Formação Tuenza dolomítico (Albiano).

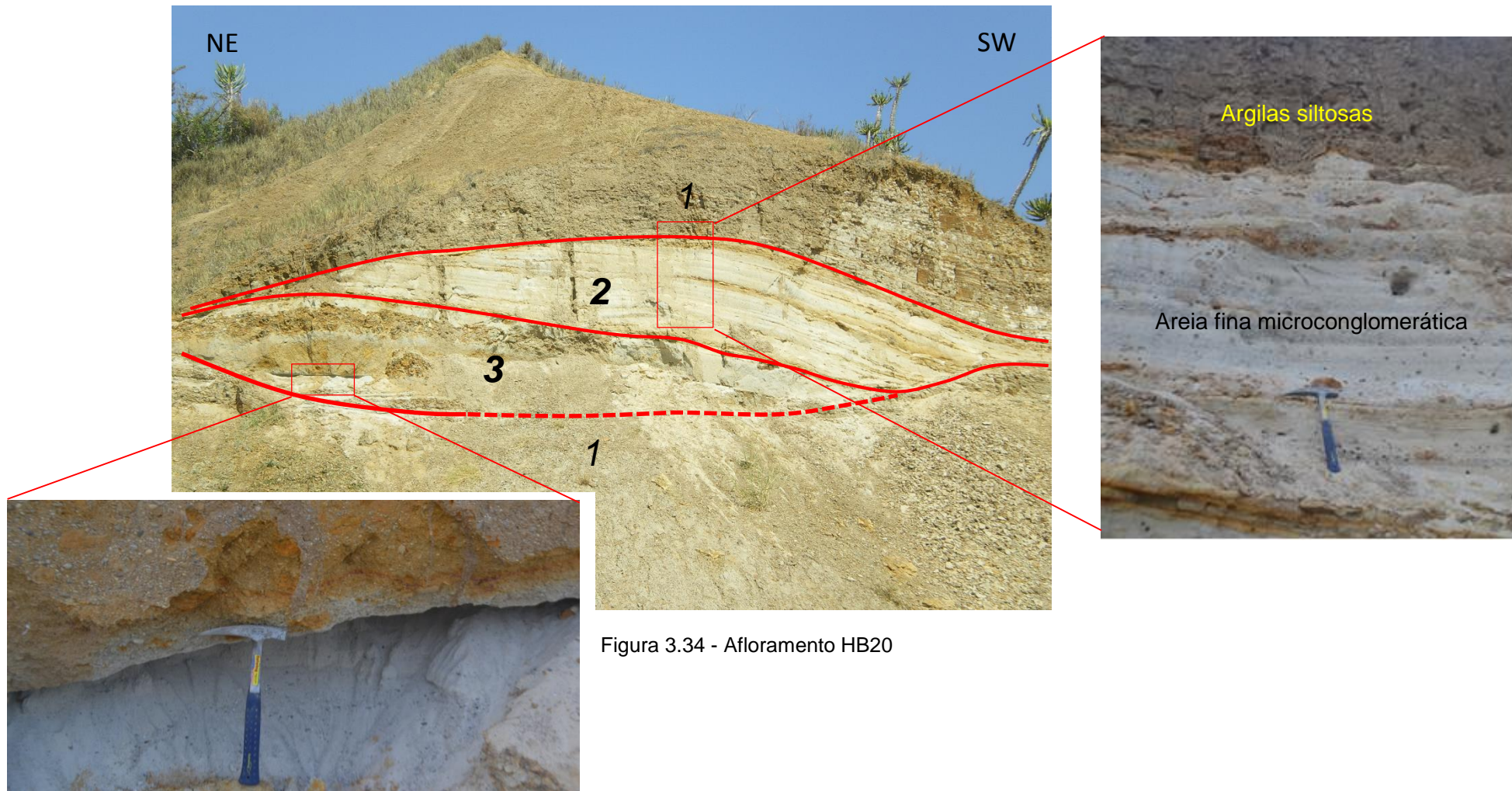


Figura 3.33 - Afloramento HB8

3.2.21 - Afloramento HB20

Este afloramento com orientação NE-SW com espessura aproximada de 37 metros é constituído por três unidades litológicas nomeadamente argilas siltosas (1), areia fina microconglomerática (2), microconglomerados intercalado com areia relativamente grosseira (3).

A geometria desse afloramento deve-se provavelmente a uma compactação diferencial dando origem a forma lenticular. De acordo as litofácies é atribuído o conjunto à Formação Itombe (Turoniano-Coniaciano).



3.2.22 - Afloramento HB9

Afloramento de orientação N-S é uma panorâmica geral do Morro dos petróleos, constituído por argilas cinzentas e calcários intercalados por margas cuja atitude é N70°; 22° NW. Com base nas litofácies, é atribuído à Formação Cabo Ledo (Cenomaniano).

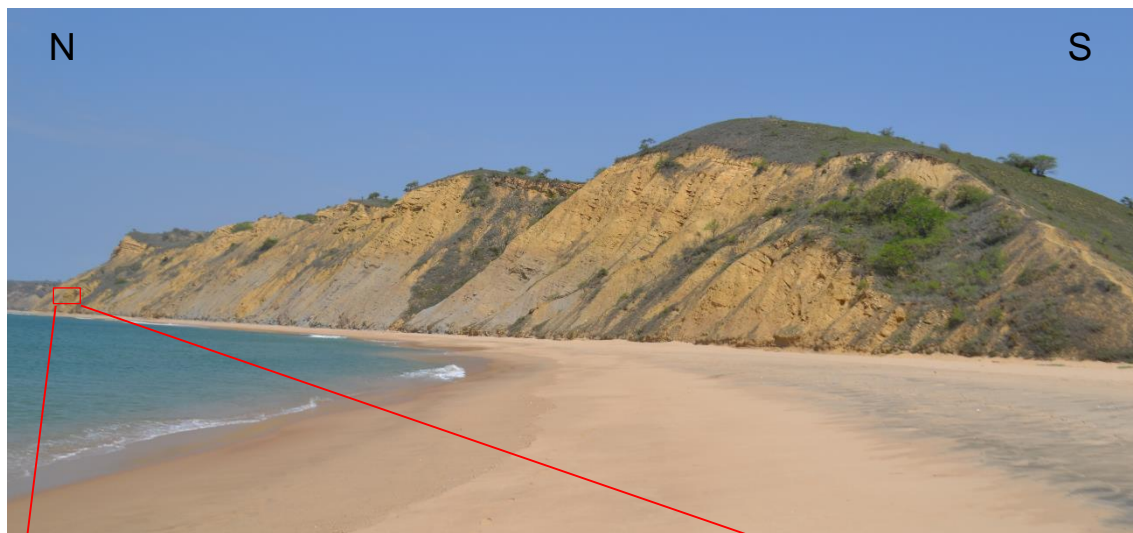


Figura 3.35 - Afloramento HB9



Figura 3.38 - Detalhe do afloramento HB9 evidenciando as argilas cinzentas na base

3.2.23 - Afloramento HB13

Afloramento com orientação SW-NE, localiza-se junto a uma das pedreiras de Cabo Ledo e é constituído por calcário bastante fraturado com intercalação de argilas, a continuidade da bancada de calcário é cortada por uma provável falha. Pelas características das litofácies, é atribuída à Formação Quissonde (Albiano).



Figura 3.39 - Afloramento HB13

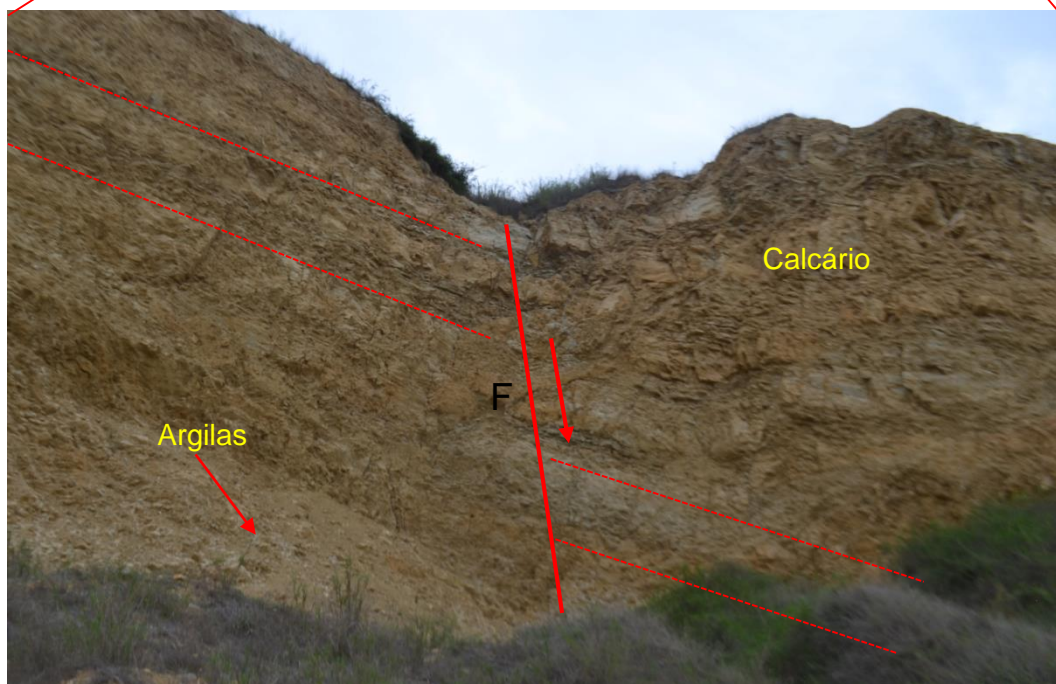


Figura 3.40 - Detalhe do afloramento HB13 evidenciando uma falha

3.2.24 - Afloramento HB23

Este afloramento de orientação SW-NE é mais um dos que constituem o Morro dos petróleos, é constituído por duas unidades litoestratigráficas nomeadamente no topo por calcários intercalados por margas (a) e calcários intercalados por argilas cinzentas na base cuja atitude é N152;33°SW (b). Pelas características das litofácies é atribuído à Formação Cabo Ledo ao conjunto (a) e o conjunto (b) é atribuído à Formação Tuenza (Albiano).

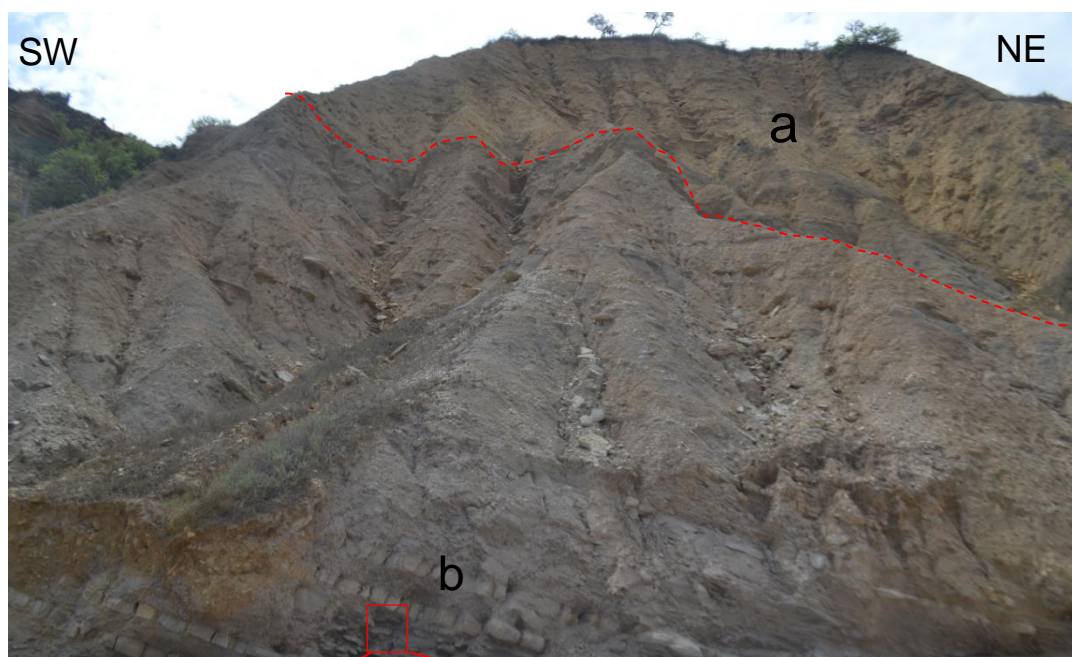


Figura 3.41 - Afloramento HB23



Figura 3.42 - Detalhe do afloramento HB23 evidenciando as argilas cinzentas

3.2.25 - Afloramento HB14

Este afloramento de orientação SW-NE localiza-se ao longo de um vale, e é constituído por uma única unidade litoestratigráfica nomeadamente calcário dolomítico bastante bioturbado e pelas características que o mesmo apresenta, é atribuído à Formação Tuenza dolomítico (Albiano).

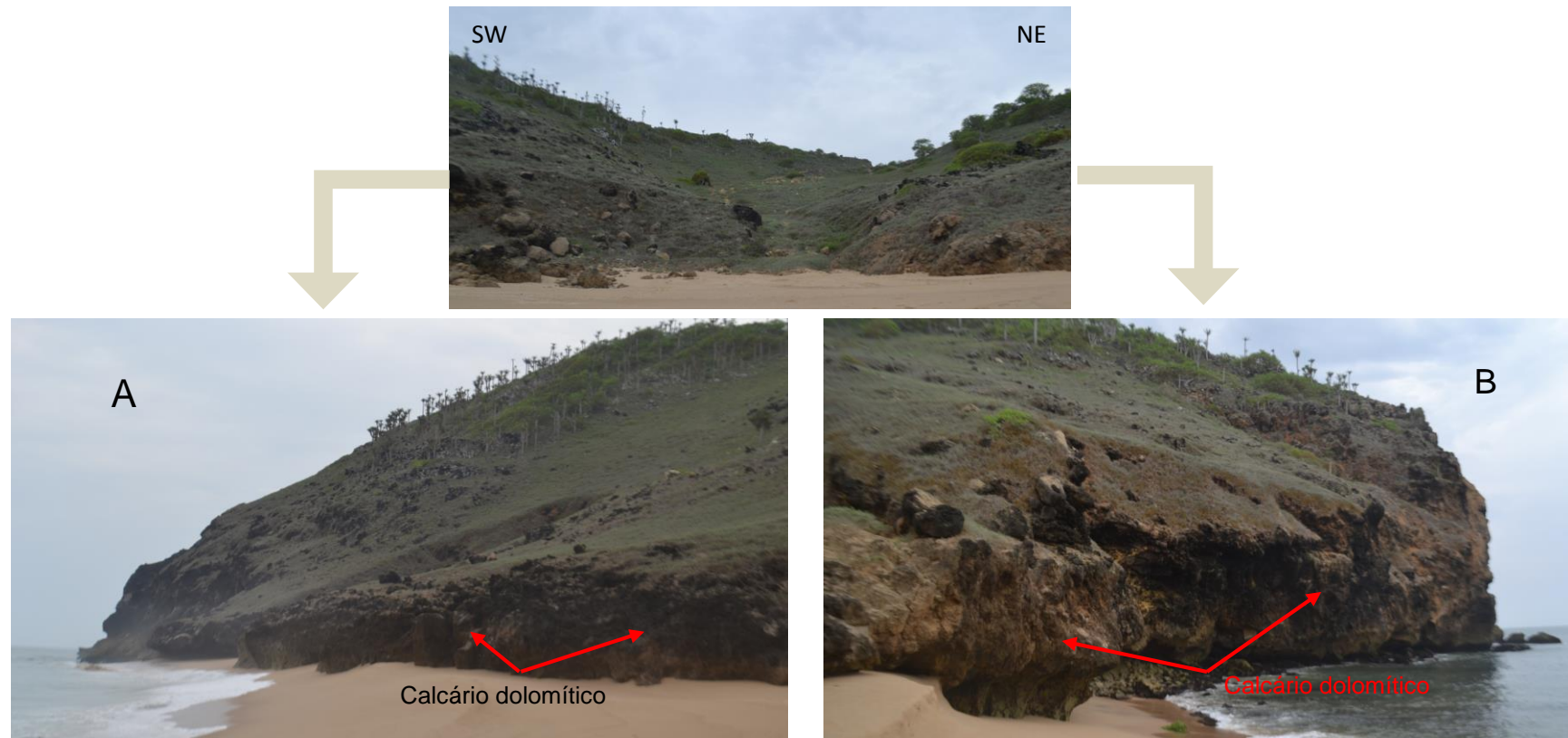


Figura 3.43 - Afloramento HB14 evidenciando a continuidade lateral do mesmo (A,B) calcário dolomítico

Capítulo IV

Dados de Poços e de Sondagens

4 – DADOS DE POÇOS E DE SONDAGENS

Os poços e as sondagens realizadas na bacia do Cuanza foram-no para fins de prospeção e exploração de hidrocarbonetos, embora alguns tenham sido realizados com o objetivo de exploração de águas subterrâneas. Assim, serão aqui descritos alguns dos poços efetuados na bacia interior do Cuanza pela empresa FINA PETRÓLEOS de Angola.

Houve grandes dificuldades em obter dados sísmicos e dos poços, tendo sido possível ter acesso de dados de doze poços, dos quais cinco se localizam na bacia exterior do Cuanza (*offshore*), e os restantes sete localizam-se na bacia interior do Cuanza (*onshore*).

Brognon e Verrier (1966) numa abordagem geral sobre a bacia do Cuanza, afirmam que a sedimentação é controlada pela tectónica, e que estudos efetuados na referida bacia indicam a presença de anticlinais e falhas relacionadas com o movimento e deformação do sal maciço.

Estes autores fazem ainda referência à Formação Tuenza, afirmando que a mesma está dividida em três membros, nomeadamente, a) Tuenza salífero b) Tuenza anidrítrico c) Tuenza dolomítico.

Wohlhuter e Carnet, (1986) com base no relatório de fim de sondagem (Tuenza 1) cujo objetivo foi de reconhecer estratigraficamente o compartimento “Este” da estrutura do Tuenza, descrevem litologicamente o poço afirmando que há algumas estruturas na bacia do Cuanza marcados por acidentes salíferos, tomando como referência o diapiro do Tuenza e Pichi.

As rochas do Sin-Rifte da bacia interior do Cuanza estão separadas pela Formação Cuvo Inferior e Infra Cuvo Maculungo, (Brognon e Verrier, 1966; Burwood, 1999).

Estes autores afirmam ainda que o Infra Cuvo e Maculungo de idade Neocomaniana são de origem lacustre, e consistem em lutitos quase puros, lutitos orgânicos e evaporitos. A Formação Cuvo Inferior do Barremiano consiste em conglomerados, areias vermelhas, argilas com intercalação de cinzas vulcânicas de origem continental, (Brognon e Verrier, 1966).

As rochas do Pós-Rifte da bacia interior do Cuanza cobrem a maior parte das Formações da referida bacia, ou seja, estão separadas desde o Albiano Inferior ao Burdigaliano.

Com base nestas informações, fez-se uma abordagem geológica da área de Cabo Ledo correlacionando as informações dos diferentes poços, a fim de os enquadrar no contexto geológico-estrutural.

4.1 – Representação dos poços

Tal como referimos anteriormente, serão descritos doze poços. Assim, com base nas coordenadas geográficas dos mesmos, foi criado um projeto em *ArcMap* com o objetivo de projetar as coordenadas dos referidos poços a fim de se conhecer a distribuição espacial dos mesmos e efetuar perfis.

As informações preliminares dos respetivos poços estão representados na tabela 4.1.

Tabela 4.1 – Informações preliminares dos poços			
Poços	Coordenadas UTM		Profundidade máxima (m)
	Latitude	Longitude	
PM D	8967820,123	270844,1729	4155
PM F	8964881,946	280017,8826	2850
PM E	8955859,794	282436,3065	2923,5
PM G	8938630,933	284001,8713	2283,5
ZIMBO 1	8912358,144	290884,3745	3771
Cabo Ledo 1	8928156,193	302897,7079	1750
Cacimbas 1	8919714,745	312299,0329	2143
Kula 1	8910870,538	330884,7523	3130,5
Tuenza 1	8907667,056	359887,4588	3586,5
Pitchi 1	8922230,007	348836,6503	3603,6
Mongaichi 1	8931217,988	330875,0435	2390
Galinda	8937547,773	342551,9584	3491,5

Os poços estão representados na tabela 4.1, distribuídos na região NW e SW da bacia do Cuanza, entre os quais sete poços estão localizados na bacia interior do Cuanza nomeadamente Cabo Ledo 1, Cacimbas 1, Kula 1, Tuenza 1, Pitchi 2, Mongaichi 1, e Galinda e os restantes cinco poços estão localizados na bacia exterior do Cuanza nomeadamente PM D, PM F, PM E, PM G e Zimbo 1.

Os perfis de poço foram elaborados a partir de relatórios de sondagens tendo como base de apoio a coluna litoestratigráfica geral modificada de Brognon e Verrier (1966) e Burwood (1999) figura 4.2.

Deste modo, dos doze poços que constituem o banco de dados desta dissertação, o poço Zimbo 1 foi selecionado poço de referência relativamente a confecção das secções estratigráficas para posterior análise da correlação estratigráfica.



Figura 4.1 – Mapa de localização dos poços na bacia do Cuanza (DivaGis, 2014).

A referida coluna litoestratigráfica evidencia as idades, litologias, formações, e estádios tectónicos da bacia interior do Cuanza (*onshore*), também conhecida como sal da bacia interior do Cuanza.

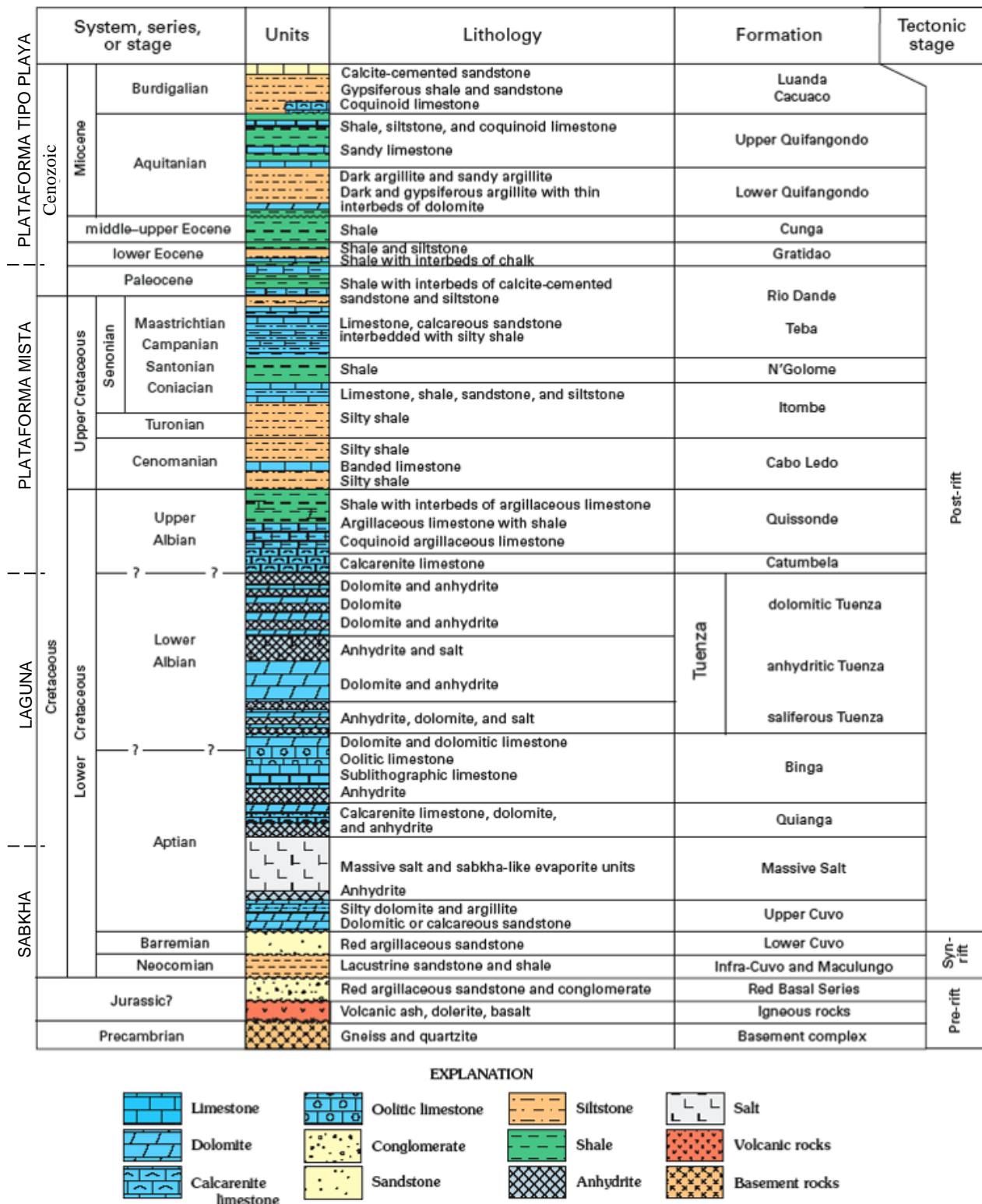


Figura 4.2 - Coluna estratigráfica geral, modificado de Brognon e Verrier (1966) e Burwood (1999).

4.2 – Perfis sedimentológicos dos poços

De um modo geral as figuras que se seguem indicam que as litologias atravessadas pelos poços vão desde rochas do soco granítico e gnáissico, até rochas carbonatadas e siliciclásticas.

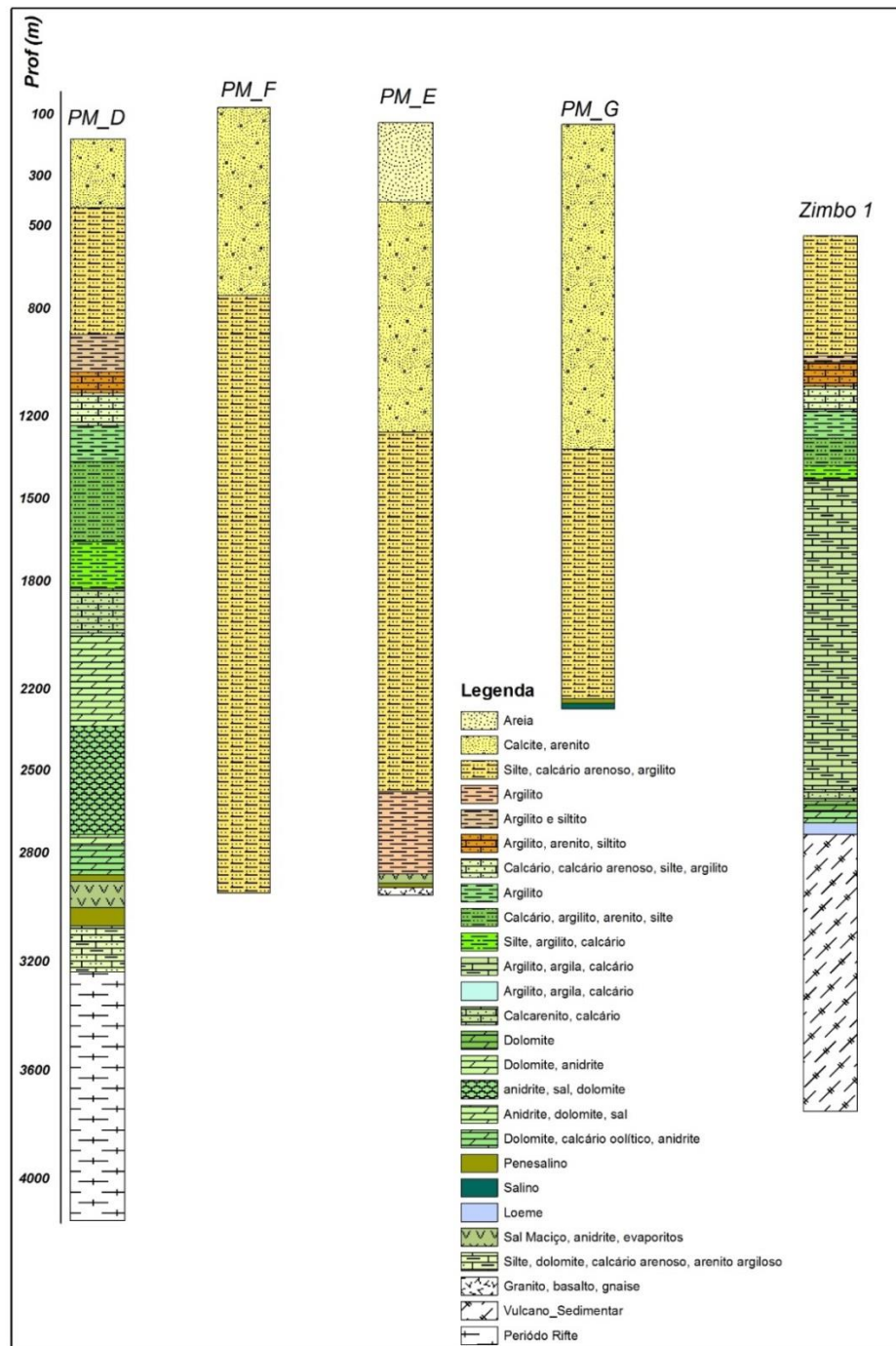


Figura 4.3 - Perfis sedimentológicos dos poços *offshore*

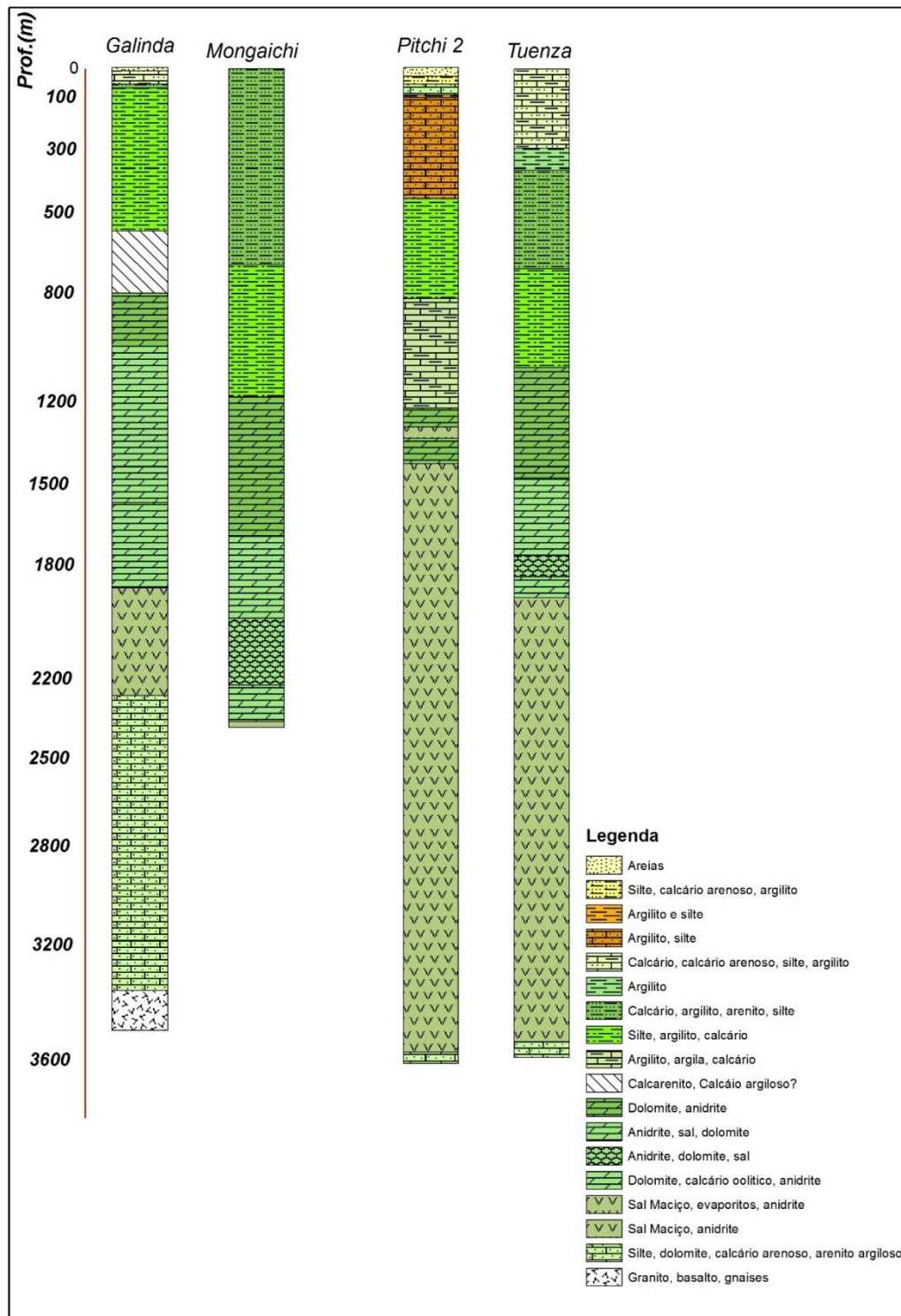


Figura 4.4 - Perfis sedimentológicos dos poços Galinda, Mongaichi, Pitchi 2 e Tuenza

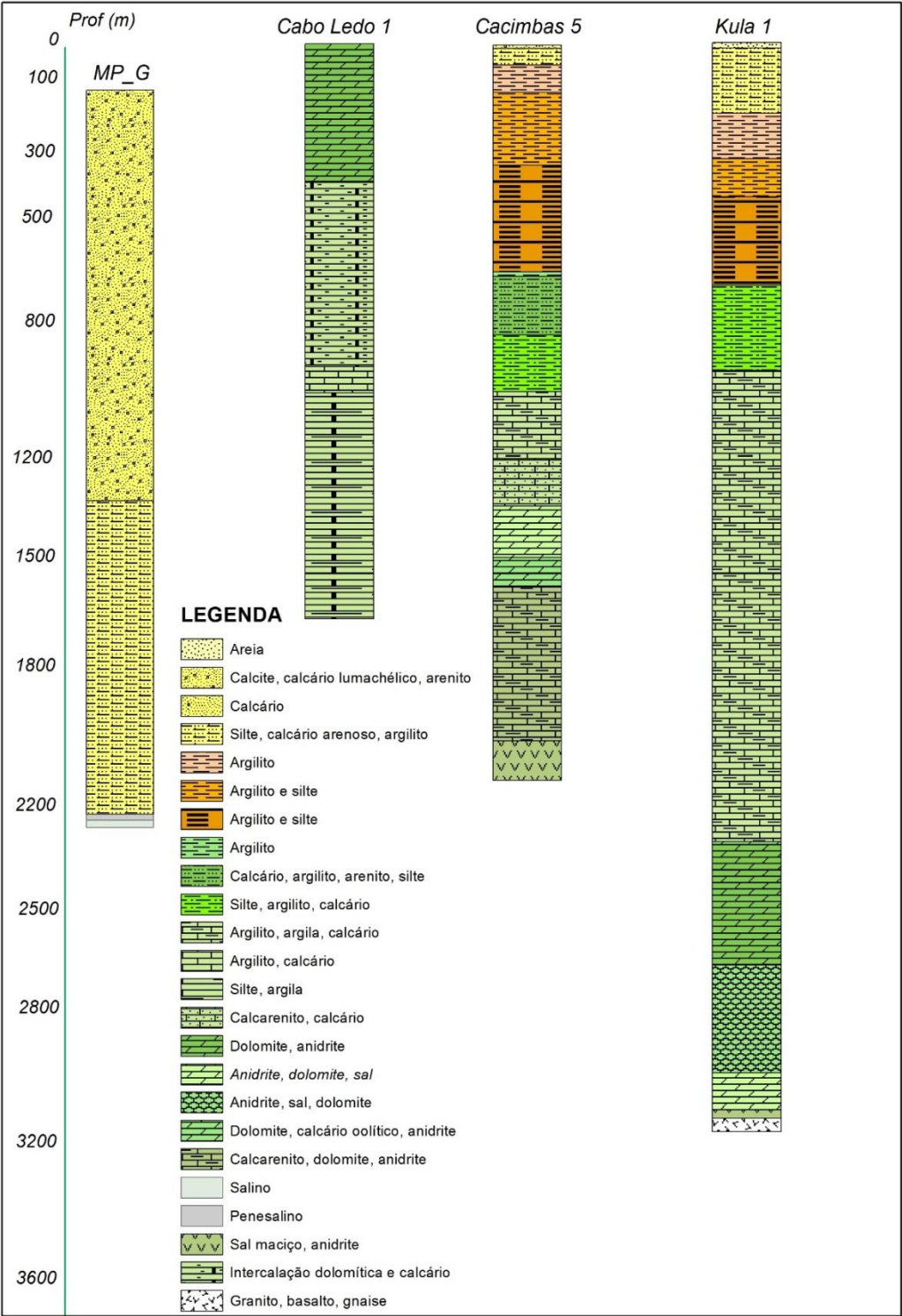


Figura 4.5 - Perfis sedimentológicos dos poços PM G, Cabo Ledo, Cacimbas, e Kula 1

Capítulo V

Secções e Correlações Estratigráficas

5 – SECÇÕES ESTRATIGRÁFICAS

Tal como se fez referência anteriormente, o poço Zimbo 1 (Z) foi selecionado poço de referência relativamente a confeção das secções estratigráficas, por um lado por ser um poço perfurado recentemente relativamente aos anteriores, e por outro lado por apresentar uma posição estratigráfica que facilitasse a correlação. O poço com maior informação em termos de Formação é o poço PM D, e o poço com menos informação é o PM F, ambos do *offshore*.

Assim, foram elaboradas ao longo dos doze poços distribuídos nas duas bacias, interior e exterior do Cuanza três (3) secções estratigráficas, nomeadamente, Z-*onshore* e *offshore* (Figura 5.1), Z-G (Figura 5.2), onde G refere-se ao perfil de poço Galinda. Entretanto a secção estratigráfica Z- *onshore* compreende os perfis de poço Zimbo 1 e os restantes perfis de poço distribuídos em *onshore*. De realçar que as secções estratigráficas Z-G, *offshore* e Z-*onshore* partilha o perfil de poço Zimbo 1.

A secção estratigráfica *offshore*, tal como o nome indica compreende todos os perfis de poço localizados na bacia exterior do Cuanza (*offshore*). A secção estratigráfica Z-G compreende os perfis de poços Zimbo 1, Cacimbas 1, Mongaichi 1, e Galinda.

Todavia, estas secções estratigráficas foram elaboradas no sentido de se estabelecer uma correlação litoestratigráfica mais ampla entre os respetivos perfis de poços.

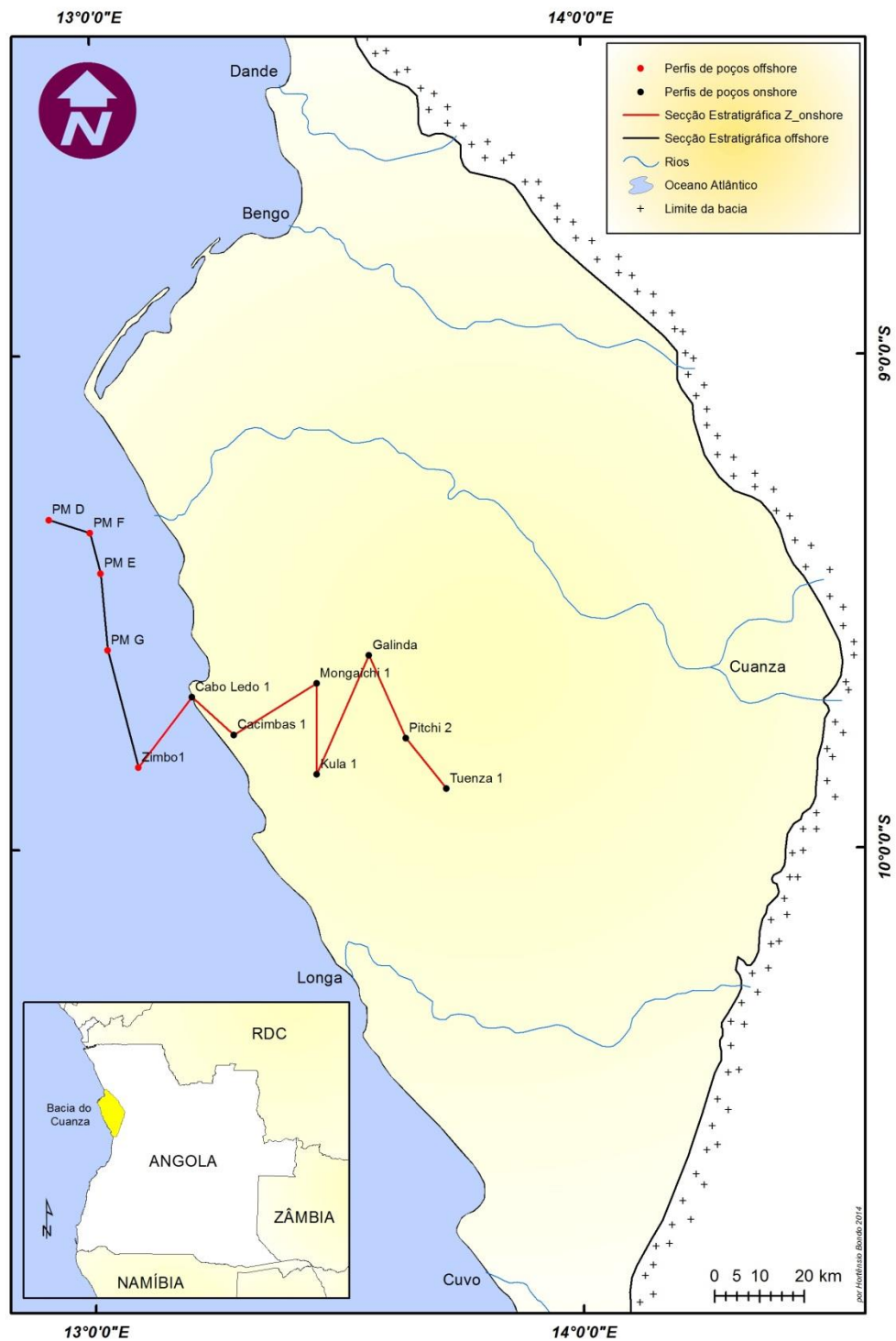


Figura 5.1 Representação das secções estratigráficas *offshore* e *Z-onshore*

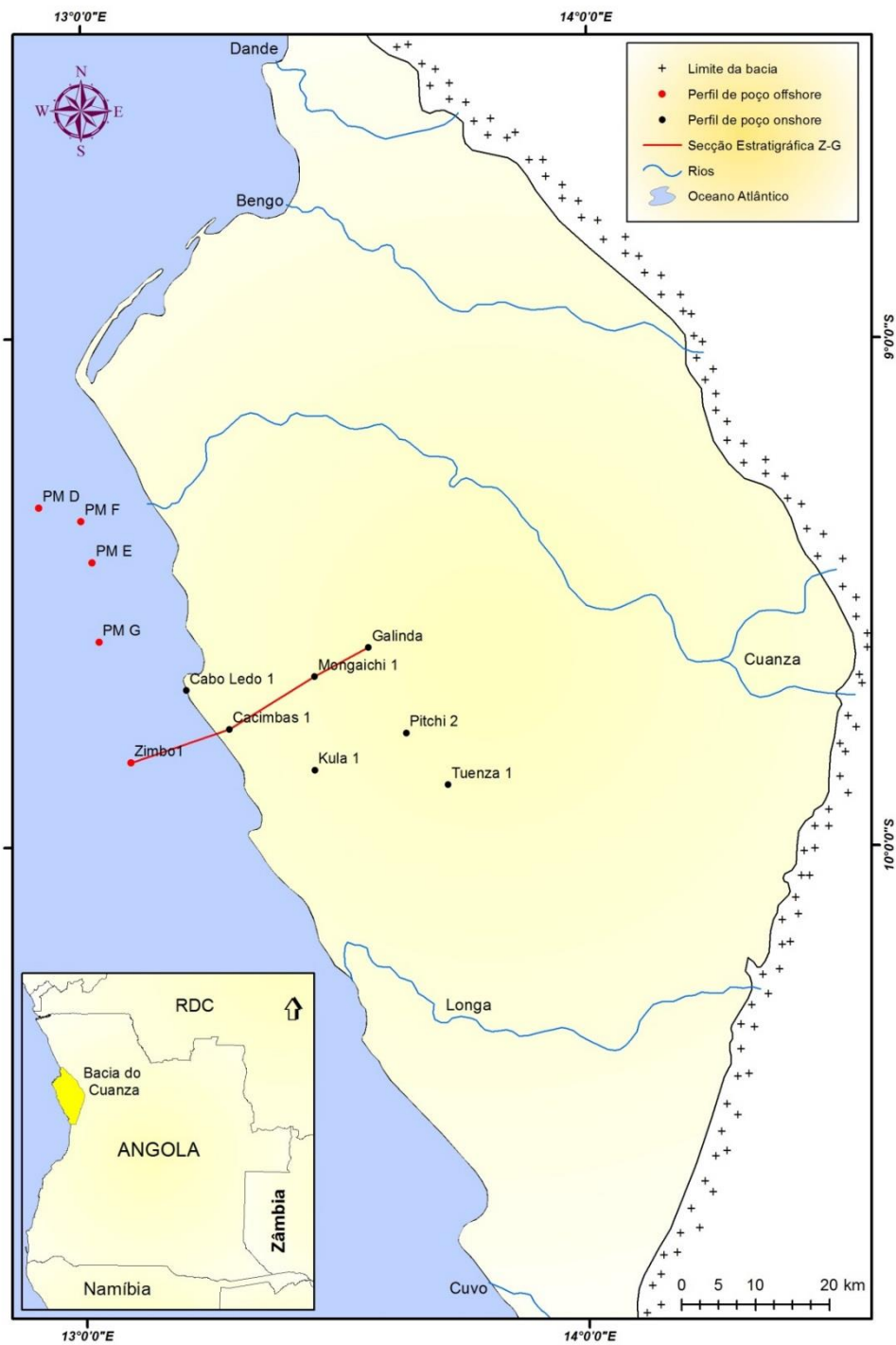


Figura 5.2 Representação da secção estratigráfica Z-G

5.1 – Correlação litoestratigráfica

A correlação litoestratigráfica consistiu na identificação, delimitação e interpretação de cada unidade litoestratigráfica de modo a se obter a correspondência entre o registo estratigráfico dos diferentes perfis de poço.

Uma vez estabelecidas as secções estratigráficas de diferentes áreas e a respetiva equivalência dos estratos, pretende-se construir um quadro da arquitetura da bacia do Cuanza com a finalidade de se compreender o comportamento da sequência estratigráfica regional da respetiva bacia.

Assim, efetuaram-se correlações litoestratigráficas entre os doze perfis de poços a partir das três secções estratigráficas referenciadas anteriormente.

A correlação litoestratigráfica correspondente à secção estratigráfica *Z-onshore* abrange lateralmente uma boa parte da bacia interior, tendo em conta que é constituída por maior número de poços, ou seja esta secção é composta por oito perfis de poço.

A correlação litoestratigráfica efetuada (Figura 5.3) indica que a unidade litoestratigráfica Cabo Ledo é a que apresenta maior equivalência lateral ao longo da referida secção. Todavia, de um modo geral e com base na geometria dos estratos, ou a partir da geometria do teto e do muro, a secção completa apresenta estratos lenticulares e estratos em forma de cunha, visto que são limitados por superfícies planas não paralelas entre si, e que terminam lateralmente por perda progressiva de espessura.

A secção estratigráfica *offshore* tal como o nome indica, é composta pelos perfis de poço perfurados na bacia exterior (*offshore*). A correlação litoestratigráfica efetuada (Figura 5.4) indica que os perfis de poço Zimbo 1 e PM D apresentam unidades litoestratigráficas que ilustram uma boa continuidade lateral. Entre estes perfis de poço, nota-se que os perfis de poço PM G, PM E e PM F, apresentam poucas unidades litoestratigráficas apesar de terem espessuras consideráveis. A unidade litoestratigráfica Quifangondo é a que apresenta maior equivalência lateral ao longo de toda secção.

A secção estratigráfica Z-G (Figura 5.5) indica também que a unidade litoestratigráfica Cabo Ledo tem ao longo de toda secção maior equivalência lateral. De um modo geral, a secção completa apresenta estratos limitados por superfícies planas não paralelas entre si, ou seja apresentam forma de cunha.

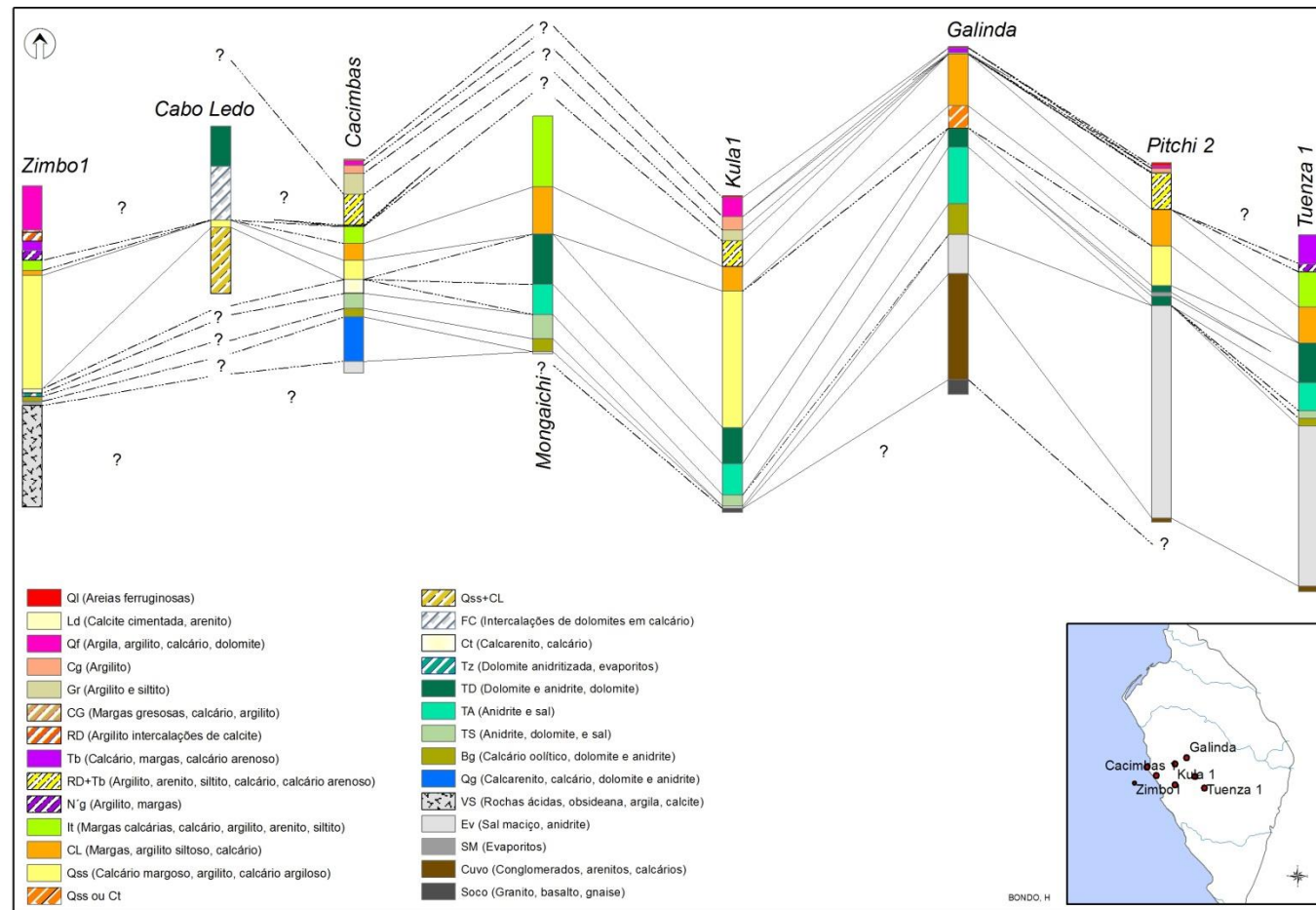
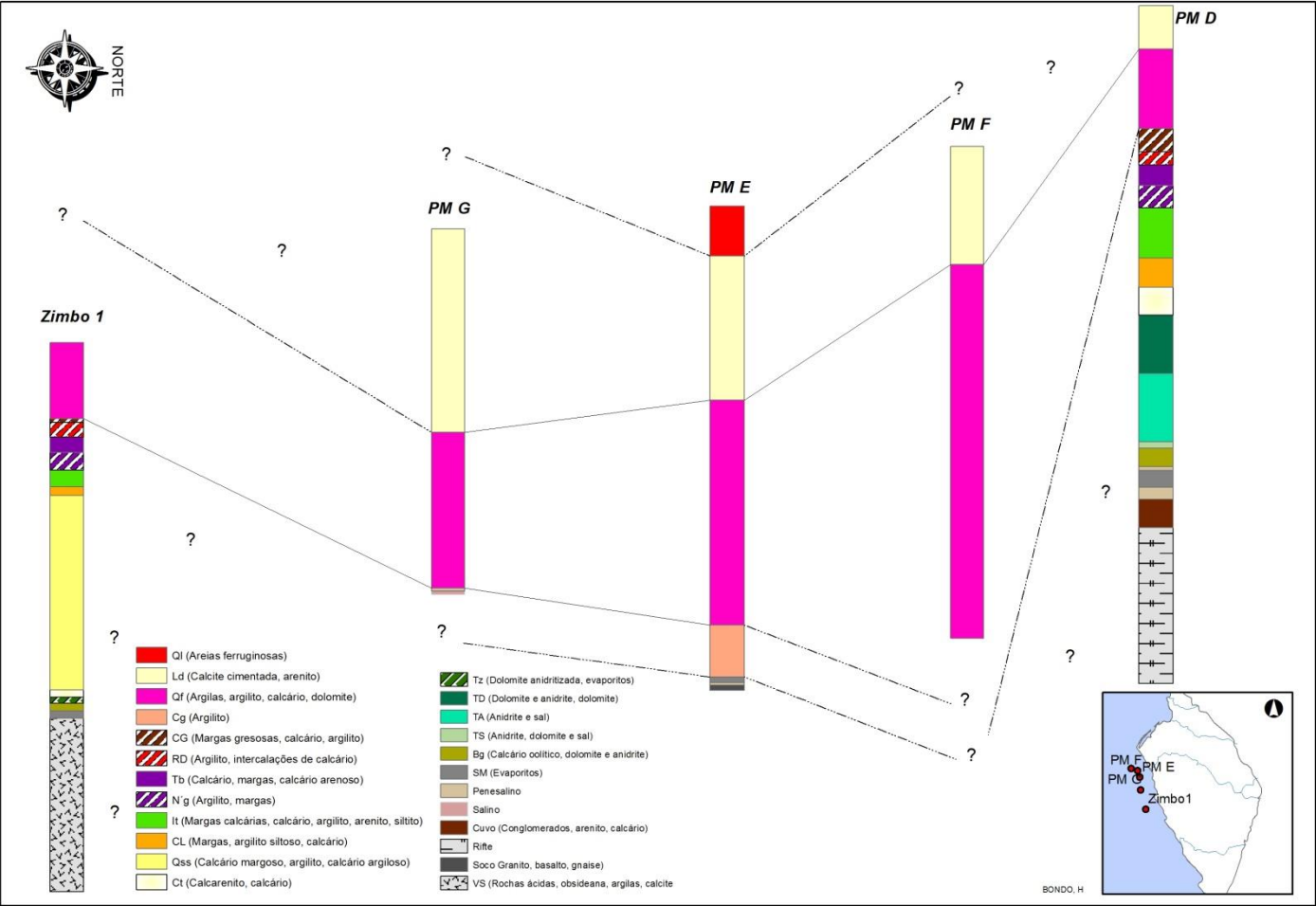


Figura 5.3 Representação da correlação litoestratigráfica referente a secção estratigráfica Z-onshore



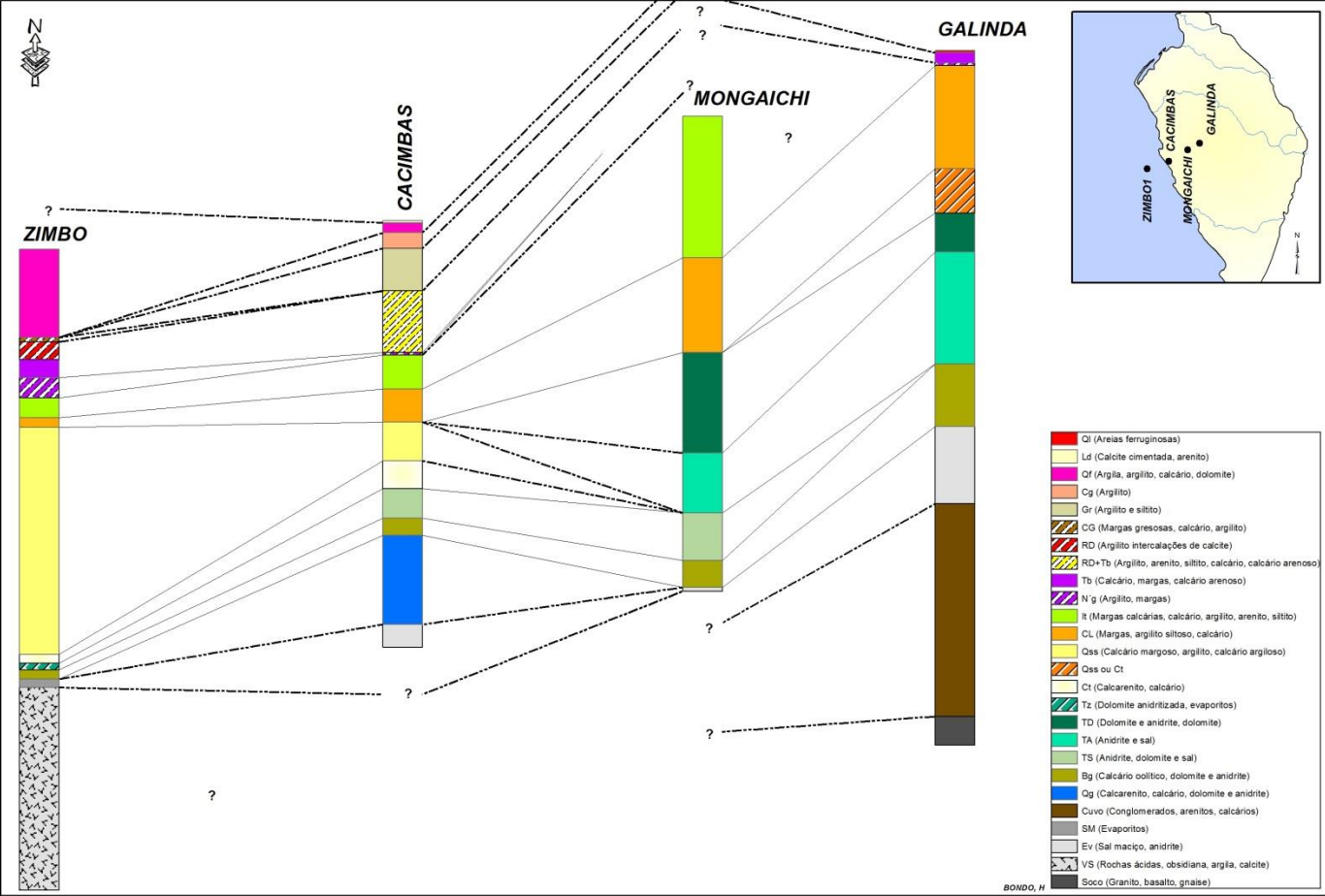


Figura 5.5 Representação da correlação litoestratigráfica referente a secção estratigráfica Z-G

5.2 – Coluna litoestratigráfica reconstituída e modelo esquemático

Com base nos registos estratigráficos de cada poço foram elaboradas colunas litoestratigráficas, nomeadamente, coluna litoestratigráfica reconstituída a partir dos poços localizados no *offshore* cuja espessura total é de 9133,3 m e coluna litoestratigráfica reconstituída a partir dos poços localizados no *onshore* cuja espessura total é de 9100 m. Estas duas colunas foram elaboradas tendo em conta a espessura máxima das unidades litoestratigráficas de cada poço.

A partir desta informação, verificou-se que as máximas espessuras das fácies para os poços localizados no *offshore* estão presentes no perfil de poço PMD (Figura 5.6). Para os poços localizados no *onshore* as fácies com espessuras máximas estão presentes no perfil do poço Galinda (Figura 5.7).

A reconstituição litoestratigráfica, tanto na bacia interior como na bacia exterior, permitiram correlacionar ambas as colunas reconstituídas e obter assim um modelo litoestratigráfico global para a área de estudo (Figura 5.8).

O referido modelo possibilita-nos compreender a evolução da arquitetura estratigráfica e a geometria da disposição dos pacotes sedimentares. Registamos que, na base as espessuras das fácies variam no sentido da bacia exterior para a bacia interior do Cuanza, e no topo ocorre o oposto, ou seja, as fácies das Formações Luanda-Cacuaco e Quifangondo apresentam maiores espessuras no *offshore*, assim como as fácies do período rifte e a fase vulcano-sedimentar.

As fácies das Formações Cunga, Gratidão, Teba, Itombe, Cabo Ledo, Tuenza Salíferos, Binga, Quianga, Sal Maciço e Cuco apresentam maiores espessuras no *onshore*. As fácies das Formações Quissonde, Catumbela, Tuenza Dolomítico, e Tuenza Anidritico apresentam uma equivalência em termos de espessura, tanto no *offshore* como no *onshore*.

Pese embora não termos um registo geofísico de apoio a correlação entre as colunas estratigráficas reconstituídas (Figura 5.8) indicam claramente que a acomodação sedimentar se deu, de uma forma geral, da parte continental para a zona marinha. Em conjugação com as litofácies (sobretudo litológicas) e a migração de fácies, a qual se deu no mesmo sentido que o acima apontado, o registo global evidencia sedimentação em relação com movimento regressivo.

Não nos foi possível estabelecer com rigor ruturas sedimentares, no entanto pela análise dos registos estratigráficos, apontamos como muito prováveis que essas ruturas, à escala do hiato, possam ter ocorrido no topo da Formação de Sal Maciço e, mais tarde, entre o topo da Formação Cunga e a base da Formação Quifangondo.

Assim, a arquitetura estratigráfica obtida, sugere fortemente um clinoforme de baixo nível.

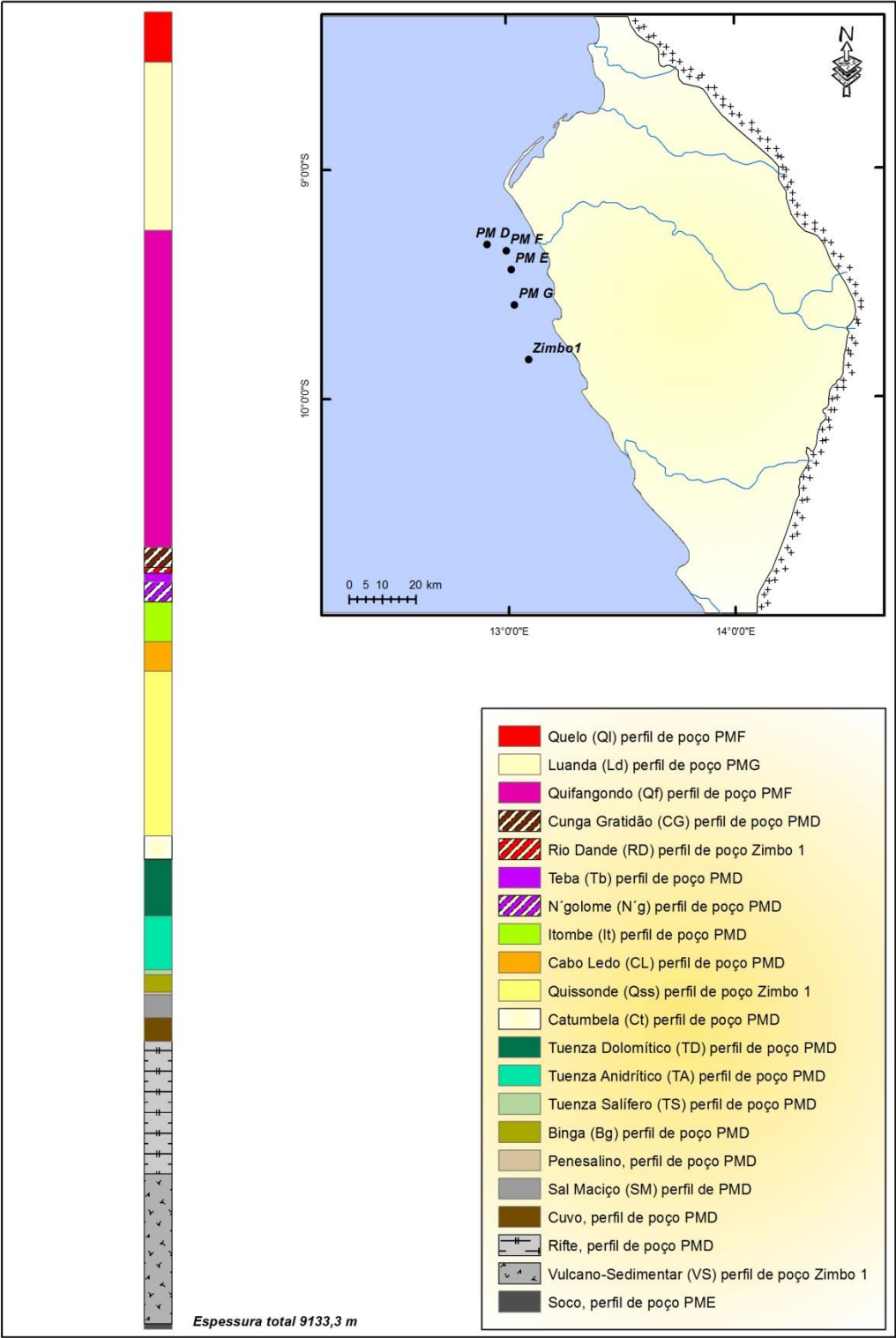


Figura 5.6 - Coluna litoestratigráfica reconstituída do *offshore*

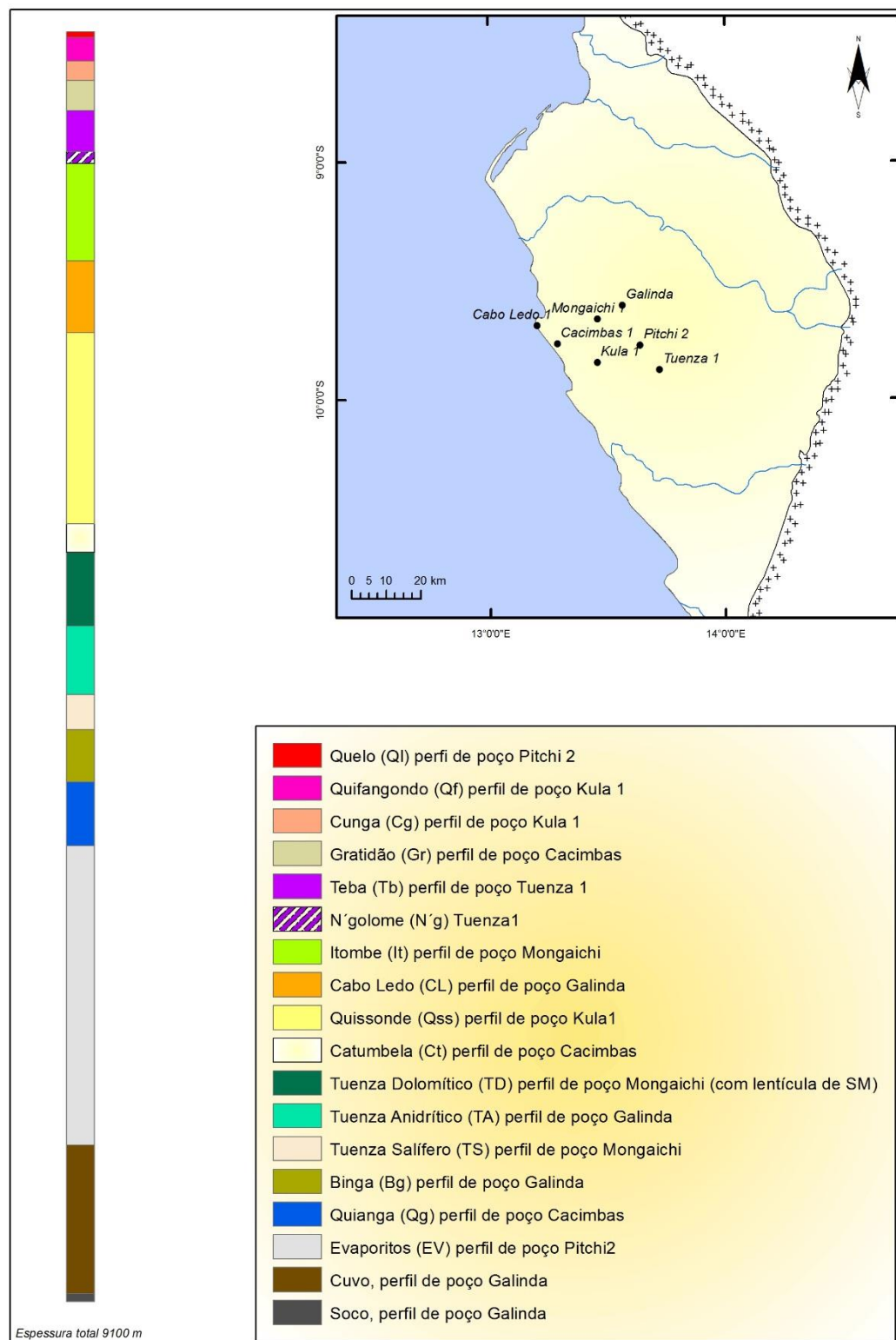


Figura 5.7 - Coluna litoestratigráfica reconstituída do *onshore*

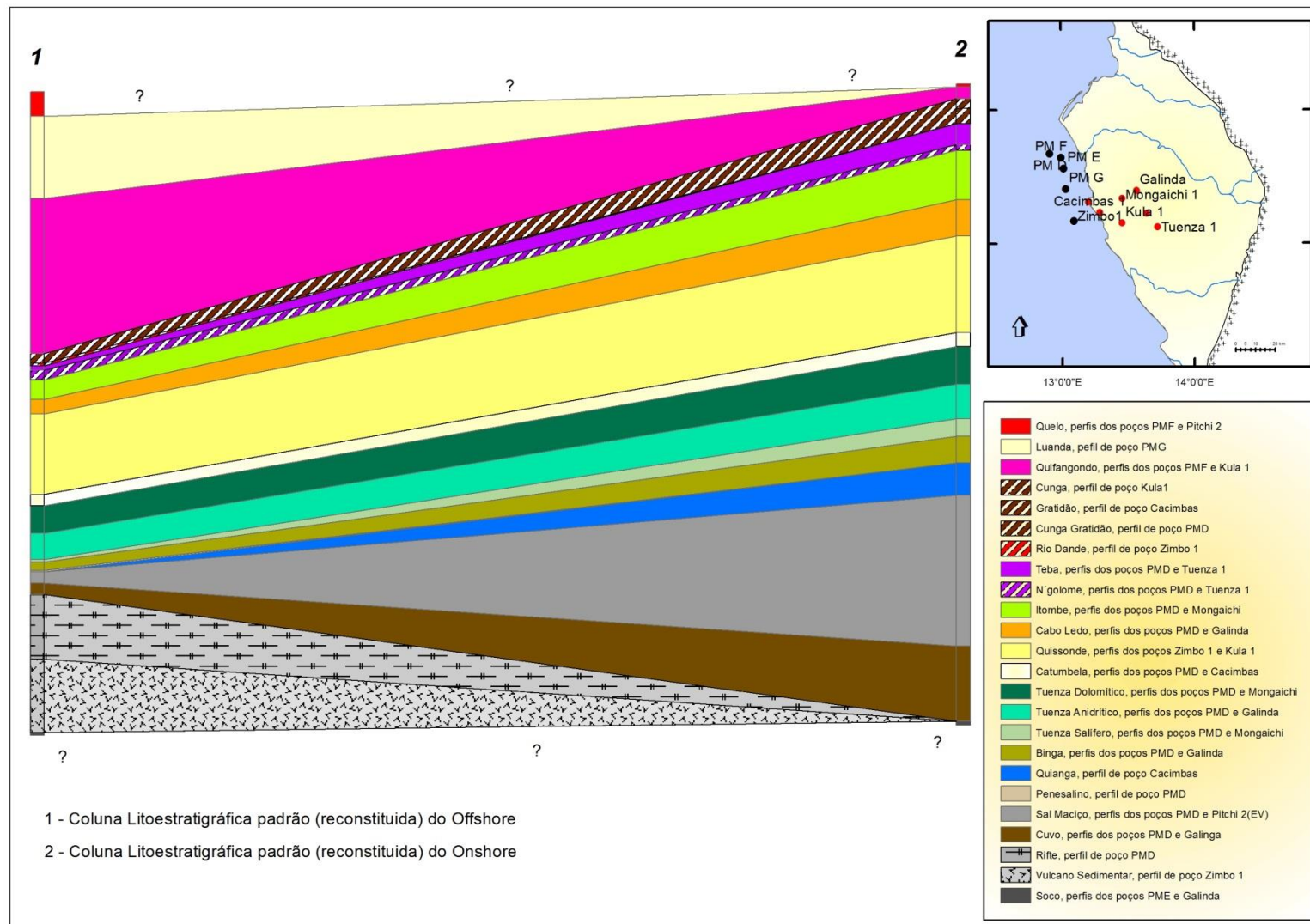


Figura 5.8 - Modelo litoestratigráfico esquemático

Capítulo VI

Conclusões, e considerações finais e Trabalhos futuros

6– CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para além das conclusões e das considerações que fomos retirando e tecendo ao longo do presente trabalho, realçamos as que abaixo se seguem:

A migração dos ambientes sedimentares a partir do Cretácico Inferior decorreu sem grandes interrupções (lacunas ou hiatos) até ao Cenozóico Superior.

A caracterização dos ambientes sedimentares e respetiva fácies foi feita, para além dos resultados de trabalho de campo, tendo em conta critérios litológicos, sedimentológicos e mineralógicos.

A migração dos ambientes sedimentares cujas litofácies e litoestratigrafia constam deste trabalho (Figura 4.2) indica-nos a passagem de ambientes evaporíticos de *sabkha* a ambientes litorais geralmente de baixa energia hidrodinâmica (laguna) em que ocorreu a precipitação de dolomite e anidrite.

A passagem lateral de litofácies e dos respetivos ambientes sedimentares indicam-nos o forte aumento da componente detrítica, sugerindo uma relação com movimento regressivo, formando um ambiente marinho de baixa profundidade (plataforma mista) no qual vão predominar siltitos, lutitos e alguns calcários no topo dos quais aparecem interestratificados. A sequência da parte superior sugere o acentuar do referido movimento regressivo em que as litofácies são caracterizadas, para além da componente detrítica pela ocorrência de gesso (lago efémero tipo *playa*?).

O sistema petrolífero foi inteiramente formado na etapa pós-rifte da bacia do Cuanza.

A análise da correlação entre as colunas reconstituídas (Figura 5.8) leva-nos a considerar que as unidades litoestratigráficas são mais espessas na zona de *onshore* relativamente as da zona de *offshore*, havendo uma provável rutura sedimentar abaixo da formação Quifangondo.

6.1 – TRABALHOS FUTUROS

Dentre os trabalhos a realizar na bacia do Cuanza para a respetiva modelação, aferição e para precisar o Sistema Petrolífero parece-nos importante proceder, entre outros aos seguintes trabalhos:

- 1- Obter perfis geofísicos com boa resolução de forma a ser possível reconstituir com rigor a arquitetura estratigráfica e a espessura de cada unidade bem como as respetivas relações espaciais.
- 2- Fazer mais trabalho de campo ao longo dos perfis que nos sejam acessíveis na bacia do Cuanza com a medição das diversas atitudes para as várias unidades litoestratigráficas. Em conjugação com os resultados do ponto anterior estes trabalhos permitirão delimitar com rigor as sequências deposicionais e a configuração geológico-estrutural bem como a acomodação sedimentar.
- 3- Pesquisar a eventualidade de haver elementos que permitam definir com mais rigor unidades estratigráficas (bio- e/ou lito-). Através deste trabalho pretende-se averiguar acerca da datação relativa e da migração dos ambientes sedimentares. Se possível seria importante cruzar com estes elementos a análise de isótopos estáveis.
- 4- Efetuar estudos de petrologia orgânica para averiguar acerca da maturação da matéria orgânica e a respetiva distribuição espacial.
- 5- Analisar e modelar o esqueleto estrutural e arquitetónico da bacia do Cuanza de forma averiguar se o (s) sistema (s) petrolíferos (s) foi afetado tectónicamente e, caso afirmativo qual a intensidade e distribuição espacial dessa deformação.

7 - REFRÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, H., DUARTE MORAIS, M.L. & SGROSSO, I., 1998. The "Areias Cinzentas": a new continental formation of the Kwanza Basin (Angola). 15th Internacional Sedimentological Congress (IAS). Alicante (Spain), April 12-17. Abstracts: 284-285.

ANTÓNIO, G.D; BUELA, M.G; SIMÃO, O.S; PINGE, S.C.A., 2004. Cartografia geomorfológica da área de Cabo Ledo. Trabalho de fim de curso de Licenciatura, DEI de Geologia, Faculdade de Ciências (UAN).

ASTER, Global Digital Elevation Map., 2013. Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer.

BAPTISTA, C., 1991. Orla Sedimentar Angolana. DEI Geologia, Faculdade de Ciências (UAN), Luanda – Angola. Trabalho não publicado.

BRICE, S. E., COCHRAN, M. D., PARDO, G. AND EDWARDS, A. D., 1982. Tectonics and sedimentation of the South Atlantic rift sequence: Cabinda, Angola. In: Studies in Continental Margin Geology (Eds J. S. Watkins and C. L. Drake), Am. Assoc. Petrol Geol Mem. No. 34, pp. 5-18.

BROGNON.G.P., e VERRIER.G.R., 1955. Contribution à la géologie du bassin du Cuanza en Angola: 4th World petroleum Cong., Rome, Sec. 1, June, 1955, p. 251-265.

BROGNON, G. VERRIER G. & MASSON P., 1959. La Tectonique Salifère du Bassin du Cuanza en Angola. Fifth World Petroleum Congress. Permission Granted To Publish After May 30, 1959.

BROGNON, G. & VERRIER G., 1965. Tectonique et Sédimentation dans le Bassin du Cuanza (Angola). Bol. Serv. Geol. Min. Angola, Luanda, 11, 5-90.

BROGNON.G.P., e VERRIER.G.R., 1966. Oil and geology in cuanza basin of Angola. Bulletin of the American Association of Petroleum Geologists. Vol50, nº1 (January, 1966), p 108-158, 36. Cap.17.

BROGNON, G. & VERRIER G., 1987. Regional Restoration across the Kwanza Basin, Angola: Salt tectonics triggered by repeated uplift of a metastable passive margin. Amer. Assoc. Petrol. Geol. Bulletin, 7, 971-990.

BROWNFIED, M.E., AND CHARPENTIER, R.R., 2006. Assessment of the undiscovered oil and gas of the total petroleum systems of the West-Central Coastal Province (7203), west Africa: U.S. Geological Survey Bulletin 2207- B, 52 p.

BURWOOD, R., 1999. Source rock control for Lower Congo Coastal and Kwanza Basin petroleum systems, in Cameron, N.R., Bate, R.H., and Clure, V.S., eds., The oil and gas habitats of the South Atlantic: Geological Society [London] Special Publication 153, p. 181 – 194.

DIVA – GIS, free, simple & effective., 2013. Spatial Data Download.

FAIRHEAD, J.D., 1988. Mesozoic plate reconstructions of the central South Atlantic Ocean: the role of west and Central African rift system. Tectonophysics 155, 181-191.

FINA PETRÓLEOS DE ANGOLA., 1970. Relatório de poço da bacia do Cuanza. Análise da amostragem dos cuttings das operações de perfuração.

GALP ENERGIA., 2008. Integração e interpretação de dados geológicos em trabalhos de exploração petrolífera. Aplicação ao estudo da Bacia do Kwanza.

GEOLUANDA., 2000. Int. Conf., Guide Book Luanda, Benguela, Dombe Grande.

GUIRAUD, M., BUTA NETO, A., QUESNE, D., 2010. Segmentation and differential post-rift at the Angola margin as recorded by the transform-rifted Benguela and oblique to orthogonal rifted Kwanza basins. Marine and Petroleum Geology.

HUDEC, M. R. & JACSON, M. P. A., 2002. Structural segmentation, inversion, and salt tectonics on a passive margin: Evolution of the inner Kwanza Basin, Angola: Geological Society of America Bulletin, 114, 1222– 1244.

HUDEEC, M.R., and M.P.A. JACKSON., 2004. Regional restoration across the Kwanza Basin, Angola: salt tectonics triggered by repeated uplift of a metastable passive margin: American Association of Petroleum Geologists Bulletin, v. 88, No. 7, pp. 971-990.

IGCA., 1981. Mapa topográfico de Cabo Ledo, E.1:100.000, folha nº 125. Ministério da Defesa. Instituto de Geodesia e Cartografia de Angola.

ISSC., 1994. International Subcomission on Stratigraphic Classification, International Stratigraphic Guide. A guide to stratigraphic classification, terminology and procedure. Amos Salvador (Ed.), 2 nd Ed., International Union Geological Sciences, Geological Society of America. Trondheim, Boulder, Colorado, 214 pp.

JACKSON, M.P.A., HUDEC, M.R., HEGARTY, K.A., 2005. The great West African Tertiary coastal uplift: fact or fiction? A perspective from the Angolan divergent margin. Tectonics 24, 278–302.

KARNER, G.D., DRISCOLL, N.W., 1999. Tectonic and stratigraphic development of the West African and eastern Brazilian Margins: insights from quantitative basin modelling. In: Cameron, N.R., Bate, R.H., Clure, V.S. (Eds.), The Oil and Gas Habitats of the South Atlantic. Geol. Soc. Spec. Pub., 153, pp. 11–40.

LUNDE, G., AUBERT, K., LAURITZEN, O., LORANGE, E., 1992. Tertiary uplift of the Kwanza basin in Angola. In: Curnelle, R. (Ed.), *Ge´ ologie Africaine, Colloques de Ge´ ologie de Libreville* 6–8 Mai 1991. Bull. Cent. Rech. Explor. Product. Elf Aquitaine, Me´ m. 13, pp. 99–117.

MARTON, L.G., TARI, G.C., LEHMANN, C.T., 2000. Evolution of the Angolan passive margin, West Africa, with emphasis on post-salt structural styles. In: Mohriac, W., Talwani, M. (Eds.), *Atlantic Rifts and Continental Margins*. Amer. Geophy. Union, Washington, pp. 129–149.

MCMILLAN, I. K. & FOURIE. A., 1999. Kwanza Basin Coastal Stratigraphy with Atlas of Albian to Holocene Foraminifera Species. De Beers Marine (Pty) Limited. 167p. Luanda, unpublished.

MIGUEL, G.L., 2002. Caracterización geológica, hidrogeológica y ambiental de Luanda y alrededores. Trabajo de Investigación Tutelado (Informe inédito). Departamento de Geología, Universidad de Alcalá. Madrid.

MIGUEL, G.L., DUARTE-MORAIS, M.L., BUTA NETO, A., EUGENIA GOMES, M., RUFINO NETO, J., PUTIGNANO, M.L., SGROSSO, I. & VALENTE, A., 2003. Cartografía geológica de los afloramientos Neógenos y Pleistocenos de Luanda y alrededores. Seminarios Científicos del Departamento de Geología: 31-42. Universidad de Alcalá, Madrid.

MILANI, E.J., DAVISON, I., 1988. Basement control and transfer tectonics in the Reconcavo-Tucano-Jatoba rift, northeast Brazil. *Tectonophysics* 154, 41–70.

MORAIS M. L., PUTIGANO M. L., SGROSSO I. & VALENTE A., 1999. Stratigraphical and sedimentological features of the Neogene to Quaternary succession around Luanda (Angola, Southwestern Africa). *Africa Geoscience Review*, 7(1), 39-53.

MORAIS, M. L., PUTIGANO M. L., SGROSSO I., SIGHINOLFI G. & NETO, A. B., 2000. Stratigraphy, Sedimentology, Mineralogy and Geometry of the Pliocene and Pleistocene successions at Miradouro da Lua (Kwanza basin, Angola). In *Geoluanda 2000 International Conference Proceedings*, Angolan Association of Geologists, Agostinho Neto University, Department of Geology, 155.

MORLEY, C.K., NELSON, R.A., PATTON, T.L., MUNN, S.G., 1990. Transfer zones in the East African Rift system and their relevance to hydrocarbon exploration in rifts. *Am. Assoc. Pet. Geol. Bull.* 74, 1234–1253.

NASC., 2005. North American Stratigraphic Code. *AAPG Bulletin*, 89 (11), 1547–1591.

RABINOWITZ, P.D. & LABRECQUE, J., 1979. The Mesozoic South Atlantic Ocean and evolution of its continental margins. *Journal of Geophysical Research*, 84, 5973-6002.

ROSENDAHL, B.R., KILEMBE, E., KACZMARICK, K., 1992. Comparison of the Tanganyika, Malawi, Rukwa and Turkana Rift zones from analyses of seismic reflection data. *Tectonophysics* 213, 235–256.

SCHOLLE, P.A & ULMER-SCHOLLE, D.S., 2003. A color guide to the petrography of carbonate rocks; grains, texture, porosity, diageneseis. Mem. Am. Ass. Petrol. Geol. 77, 474p.

SCHLUMBERGER., 1991. Avaliações De Formações de Angola W.E.C., Paris: 1-95.

SCOTese, C.R., CAHAGAN, L.M., LARSON, R.L., 1988. Plate tectonic reconstructions of the Cretaceous and Cenozoic basins. Tectonophysics 155, 27- 48.

SICATO A., CHICO A., MATEUS D. & ROQUE V., 2007. Integração de métodos geológicos, hidrogeológico, topográfico e geofísicos para a determinação da origem e causas da elevação dos níveis das águas subterrâneas no Rangel – Trabalho de fim de curso de Licenciatura, DEI Geologia, Faculdade de Ciências (UAN).

SONANGOL-TOTAL., 1987. Carte geologique du bassin du Kwanza, Angola. Echelle 1:250.000. Synthèse basée sur des missions de terrain, effectuées entre 1968 et 1972 par TOTAL et C.A.P. TEP/DE/DIR-CONS, Octobre 1987, N° 58.

WOHLHUTER & P.CARNET, A., 1986. Tuenza 1. Extrait du rapport geologique de fin de sondage. Angola bassin de cuanza.

TAVARES, T.S., 2000. Amonites de Angola, Sua Ocorrência no Mesozóico das Bacias Sedimentares de Angola. Estratigrafia e Sistemática, Trabalho de fim de curso de Licenciatura, DEI de Geologia, Faculdade de Ciências (UAN).

TOTAL E.P., 2003. Kwanza onshore. DEX/GEO/SYN – Visite CAE - Luanda

VIOLA, G., ANDREOLI, M., BEN-AVRAHAM, Z., STENGEL, I., RESHEF, M., 2005. Offshore mud volcanoes and onland faulting in southwestern Africa: neotectonic implications and constrains on the regional stress field. Earth Planet. Sci. Lett. 131, 147–160.

PARTE 2 - ANEXOS

- Análise da amostragem dos *cuttings* das operações de perfuração *onshore* e *offshore*
- Estampas das lâminas delgadas